

Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra automatizační techniky a řízení

Návrh zabezpečovacího systému na bázi mikroprocesorů PIC

**Design of security system based on
microprocessors PIC**

Student:

Bc. Tomáš Pawlenka

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jaromír Škuta, Ph.D.

Ostrava 2017

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Pawlenka**

Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **3902T004 Automatické řízení a inženýrská informatika**

Téma: **Návrh zabezpečovacího systému na bázi mikroprocesoru PIC**
Design of Security System Based on Microprocessor PIC

Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s jednočipovými procesory PIC firmy Microchip (technické parametry, vývojové prostředí pro programování, komunikační možnosti, apod.).
2. Vytvořte návrh zabezpečovacího systému s využitím procesoru PIC a navrhnete rozhraní pro jeho konfiguraci a ovládání z mobilních zařízení.
3. Realizujte navržený systém a moduly simulace pro ověření funkčnosti v podmínkách laboratoří katedry.
4. Kriticky zhodnoťte dosažené výsledky a navrhnete další směry řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

BÍLÝ, R., CAGAŠ, P.AJ. 1999. Control Web 2000. Průvodce systémem pro tvorbu a nasazení aplikací reálného času. 1. vydání. Praha: Computer Press, 1999, 382 s. ISBN 80-7226-258-0.

HRBÁČEK, J. 2004. Moderní učebnice programování mikrokontrolérů PIC. Praha. Nakladatelství BEN - technická literatura. 96s. ISBN 80-7300-136-5.

VACEK, V., VLČEK, J. 2002B. Praktické využití procesoru PIC. Praha. Nakladatelství BEN - technická literatura. 72s. EAN 8594011421340.

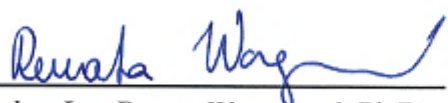
TŮMA, J., WAGNEROVÁ, R. 2007. Základy automatizace. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 2007. 283 str. ISBN 978-80-248-1523-7.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jaromír Škuta, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



doc. Ing. Renata Wagnerová, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 15. května 2017

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15. května 2017

.....

podpis

Bc. Tomáš Pawlenka

Okružní 1755/2

748 01 Hlučín

Anotace

PAWLENKA, T. *Návrh zabezpečovacího systému na bázi mikroprocesorů PIC*: Diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra automatizační techniky a řízení, 2017, Vedoucí práce: Škuta, J.

Práce se zabývá návrhem a realizací zabezpečovacího systému na bázi mikroprocesorů PIC firmy Microchip. Systém je tvořen senzorovými moduly pro detekci neoprávněného vstupu na bázi magnetického kontaktu, plynu a oxidu uhelnatého, pohybu, teploty a vlhkosti. Dále obsahuje řídicí jednotku, ovládací panel a vývojovou desku Arduino s ethernet rozhraním pro webový server.

Hlavním prvkem systému je centrální řídicí jednotka, která řídí a zprostředkovává veškerou komunikaci mezi jednotlivými moduly. Jejím úkolem je sbírat měřená data ze senzorových modulů a poskytovat je uživateli prostřednictvím ovládacího panelu a webového serveru. Také vyhodnocuje alarmové stavy z příchozích dat a poslouchá příkazy pro aktivaci a deaktivaci z webového serveru a ovládacího panelu. Komunikaci se senzorovými moduly a ovládacím panelem zajišťuje sběrnice RS485. Pro komunikaci s rozhraním webového serveru je využit standard RS232. K vytvoření a programování vnitřních algoritmů byl využit programovací jazyk C. K realizaci webové aplikace byla využita technologie AJAX, která na stránce s využitím JavaScriptu a XML obnovuje pouze příchozí data bez nutnosti aktualizace ve webovém prohlížeči.

Klíčová slova: mikroprocesor PIC, zabezpečovací systém, komunikace, senzory inteligentní domácnosti

Annotation

PAWLENKA, T. Design of security system based on microprocessor PIC: Diploma thesis. Ostrava: VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Control Systems and Instrumentation, 2017, Thesis head: Škuta, J.

The thesis describes design and realization of security system based on Microchip PIC microcontrollers. System includes sensor modules for unauthorized entrance detection based on magnetic contact, measuring GAS and carbon monoxide level, movement detection and measuring temperature and humidity. System also includes control unit, control panel and development board Arduino with ethernet interface connected for web server implementation.

The main component of the system is central processing unit, which controls all communication between the modules. Its role is collecting measured data from sensor modules and providing the data to a user through the control panel or web server. Also evaluates alarm conditions from incoming data and listens to activation and deactivation commands from control panel and web server. Communication with sensor modules and control panel is based on industrial bus RS485. For communication with ethernet interface is used standard RS232. To programming internal algorithms was used C programming language. Web application is created with AJAX technology, which means the page in web browser may not be refreshed, but the incoming data are restored automatically with the use of the JavaScript and XML.

Keywords: microprocessor PIC, microcontroller, security system, communication, intelligent sensors

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	9
1 Úvod	12
2 Přehled komerčních zabezpečovacích systémů	13
3 Jednočipové počítače PIC	15
3.1 Vnitřní struktura	16
3.2 Organizace paměťového prostoru	17
3.3 Speciální vlastnosti mikroprocesorů	19
4 Programování jednočipových počítačů	20
5 Návrh zabezpečovacího systému	24
5.1 Snímače zabezpečovacího systému	25
5.2 Volba mikroprocesoru řídicí jednotky	27
5.3 Volba mikroprocesoru ovládacího panelu	28
5.4 Volba mikroprocesorů pro senzorové moduly	29
5.5 Možnosti a volba komunikace	30
5.6 Struktura zabezpečovacího systému	34
6 Realizace zabezpečovacího systému	36
6.1 Protokol sběrnice RS485	37
6.2 Hlavní řídicí jednotka	38
6.2.1 Návrh řídicího algoritmu	39
6.2.2 Popis zdrojového kódu programu	40
6.2.3 Externí „Watchdog“ časovač	41
6.3 Ovládací panel	43
6.4 Modul s detektorem pohybu	48
6.5 Modul s detektorem hořlavých plynů a CO	49
6.6 Modul detekce neoprávněného vstupu	51
6.7 Modul s měřením teploty a vlhkosti	52
7 Návrh rozhraní pro realizaci webového serveru	55

7.1	Popis hardwaru a zapojení	56
7.2	Realizace webového serveru.....	57
7.3	Popis vytvořené webové aplikace.....	61
8	Závěr	62
9	Summary	64
10	Použitá literatura.....	66

Seznam použitých symbolů a zkratek

A/D	Analogově-digitální převodník (<i>Analog/Digital Converter</i>)
AJAX	Asynchronní JavaScript a XML (<i>Asynchronous JavaScript and XML</i>)
ALU	Aritmeticko-logická jednotka (<i>Arithmetic Logic Unit</i>)
ASCII	Standard pro ukládání anglické abecedy a jiných znaků v počítačové paměti (<i>American Standard Code for Information Interchange</i>)
BOR	Reset při poklesu napájecího napětí (<i>Brown-Out Reset</i>)
CAN	Vnitřní komunikační síť senzorů (<i>Controller Area Network</i>)
CCP	Modul pro získání, porovnání a PWM (<i>Capture Compare PWM</i>)
CO	Oxid uhelnatý (<i>Carbon Monoxide</i>)
COM	Označení sériového portu v operačním systému
CPU	Centrální procesorová jednotka (<i>Central Processing Unit</i>)
CRC	Cyklický redundantní součet (<i>Cyclic Redundancy Check</i>)
CSS	Kaskádové styly (<i>Cascading Style Sheets</i>)
DOM	Objektový model dokumentu (<i>Document Object Model</i>)
EEPROM	Elektricky mazatelná paměť (<i>Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory</i>)
FLASH	Elektricky programovatelná paměť s libovolným přístupem
GSM	Globální systém pro mobilní komunikaci (<i>Global System for Mobile Communications</i>)
HTML	Hypertextový značkovací jazyk (<i>HyperText Markup Language</i>)
HTTP	Komunikační protokol (<i>HyperText Transfer Protocol</i>)
IDE	Vývojové prostředí (<i>Integrated Development Environment</i>)
I/O	Vstup / výstup (<i>Input / Output</i>)
I²C	Dvou vodičová sběrnice (<i>Inter-integrated circuit</i>)
ICSP	Sériové programování v obvodu (<i>In Circuit Serial Programming</i>)
ILAN	Průmyslová sběrnice (<i>Industry Local Area Network</i>)

LED	Dioda emitující světlo (<i>Light-Emitting Diode</i>)
LCD	Displej z tekutých krystalů (<i>Liquid Crystal Display</i>)
LPG	Zkapalněný ropný plyn (<i>Liquified Petroleum Gas</i>)
MAC	Identifikátor síťového zařízení (<i>Media Access Control</i>)
MSSP	Hlavní synchronní sériový port (<i>Master Synchronous Serial Port</i>)
OST	Časovač pro rozběh krystalu (<i>Oscillator Start-up Timer</i>)
PCB	Deska plošných spojů (<i>Printed Circuit Board</i>)
PIC	Jednočipový mikroprocesor (<i>Peripheral Interface Controller</i>)
PIR	Pasivní infračervený senzor (<i>Passive InfraRed</i>)
POR	Automatický reset po připojení napětí (<i>Power-On Reset</i>)
ppm	Počet částic na jeden milión (<i>Parts Per Million</i>)
PWM	Pulzně šířková modulace (<i>Pulse Width Modulation</i>)
PWRT	Časovač pro zpoždění resetu po připojení napětí (<i>PoWeR-up Timer</i>)
RAM	Paměť s přímým přístupem (<i>Random Access Memory</i>)
RISC	Redukovaná instrukční sada (<i>Reduced Instruction Set Computing</i>)
SCL	Hodinový signál obousměrného sériového přenosu (<i>Serial Clock Line</i>)
SCK	Hodinový signál sériového přenosu (<i>Serial Clock</i>)
SD	Označení pro paměťovou kartu (<i>Secure Digital</i>)
SDA	Obousměrná linka pro sériový přenos dat (<i>Serial DAta</i>)
SDI	Vstup dat sériového přenosu (<i>Serial Data Input</i>)
SDO	Výstup dat pro sériový přenos (<i>Serial Data Output</i>)
SFR	Speciální funkční registry (<i>Special Function Registers</i>)
SPI	Sériové periferní rozhraní (<i>Serial Peripheral Interface</i>)
SRAM	Statická paměť (<i>Static Random Access Memory</i>)
SSP	Synchronní sériový port (<i>Synchronous Serial Port</i>)
TTL	Tranzistorově-tranzistorová logika (<i>Transistor Transistor Logic</i>)

USART	Univerzální synchronní / asynchronní přijímač a vysílač (<i>Universal Synchronous / Asynchronous Receiver / Transmitter</i>)
USB	Univerzální sériová sběrnice (<i>Universal Serial Bus</i>)
VPN	Virtuální privátní síť (<i>Virtual Private Network</i>)
WDT	Periférie pro reset systému (<i>WatchDog Timer</i>)
XML	Rozšiřitelný značkovací jazyk (<i>eXtensible Markup Language</i>)

1 Úvod

V současnosti se stále více rozvíjí a klade důraz na automatizaci, a to nejen v oblasti průmyslu, ale také v domácnostech. Takové domácnosti jsou označovány jako inteligentní. Inteligenci v těchto domácnostech tvoří různé snímače a akční členy, které jsou zpravidla napojeny k jednomu řídicímu prvku. Ten umožňuje domácnost ovládat prostřednictvím uživatelského rozhraní. Příkladem interakcí se systémem může být ovládání světel, žaluzií či topení. Mezi jednu z hlavních předností této inteligence v domácnosti však patří kvalitní zabezpečovací systém.

Firem vyvíjející bezpečnostní systémy je na trhu nespočetné množství a neustále obohacují svůj vývoj o nové bezpečnostní prvky. Kromě klasických snímačů pro detekci pohybu, otevření dveří a oken je možné na trhu najít v současné době například snímače vibrací, tříštění skla, optické závory nebo různé hybridní snímače, které v sobě zahrnují implementaci více technologií. Příkladem mohou být snímače s vestavěnou IP kamerou. Inteligentní bezpečnostní systémy však nemusí chránit objekt pouze proti vloupání. Velmi žádaná je také ochrana proti živlům. Příkladem mohou být detektory kouře a hořlavých plynů nebo v prostorách, jako je koupelna, snímače zaplavení.

V dnešním moderním světě hraje významnou roli téměř ve všech oblastech techniky internet. Výjimkou nejsou ani inteligentní domácnosti či bezpečnostní systémy. Dnes již drtivá většina firem poskytuje ke svým systémům možnost připojení k internetovému serveru. Díky tomu lze tyto systémy ovládat vzdáleně s využitím mobilních technologií a výrazně tak redukovat riziko napadení hlídaného objektu.

Práce se tedy bude zabývat návrhem a realizací zabezpečovacího systému na bázi mikroprocesorů PIC s možností vzdáleného připojení pomocí mobilních technologií.

2 Přehled komerčních zabezpečovacích systémů

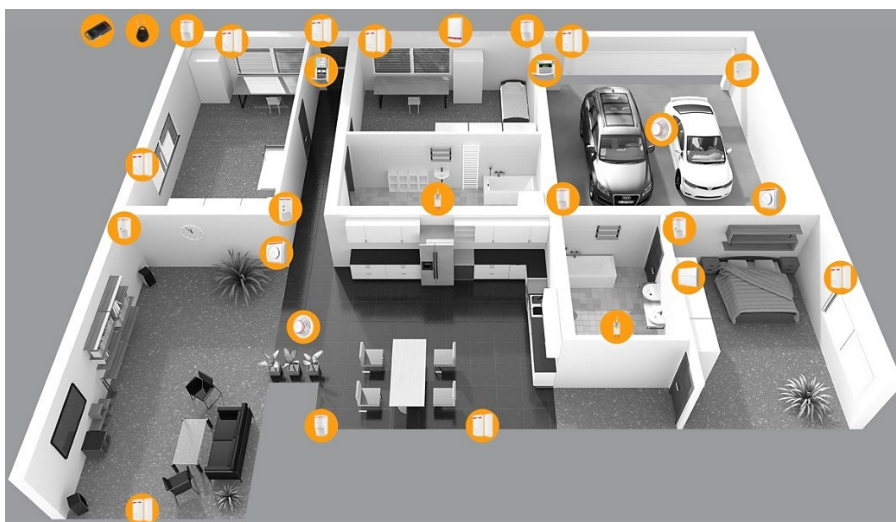
Současný trh nabízí celou řadu systémů různých firem realizující zabezpečovací systémy. Nejčastější spojení těchto systémů je v souvislosti s inteligentními domácnostmi. Takové domácnosti mohou kromě bezpečnostních prvků obsahovat také akční členy pro ovládání různých prvků.

Jednou z rozšířenějších firem pro realizaci systémů chytrých domácností nejen u nás, ale také na mezinárodní úrovni, je společnost Jablotron. V současné době nabízí zákazníkům systém pod označením JABLOTRON 100, který kromě zabezpečení také umožňuje například ovládat světla, topení, žaluzie, garážová vrata či zavlažování. Systém je možné ovládat pomocí mobilní aplikace a lze napojit na bezpečnostní centrum, které v případě ohrožení objektu vyšle na místo zásahovou jednotku, (Jablotron, 2017).



Obr. 1 Jablotron 100, (Jablotron, 2017)

Z hlediska samotného zabezpečení poskytuje společnost Jablotron kamerový systém a velkou škálu snímačů. Pro detekci pohybu používá snímače PIR či optické závory. Proti neoprávněnému vniknutí do hlídaného objektu nabízí magnetické snímače pro hlídání dveří a oken. V rámci ochrany proti živlům poskytuje detektory ohně, kouře, plynů, snímače zaplavení či teplotní čidla, která hlídají teplotu v místnosti. (Jablotron, 2017).



Obr. 2 Vzorová instalace systému na bázi zařízení JABLOTRON 100, (Jablotron, 2017)

Cena vzorové instalace na Obr. 2 je 40000 Kč bez zahrnuté montáže, (Jablotron, 2017).

Dalším celosvětovým vývojářem na poli bezpečnostních systémů je společnost RISCO. Je výrobcem bezpečnostních zařízení pro každý typ instalace zabezpečení. Společnost poskytuje různá řešení bezpečnostních systémů dle rozsahu aplikace či použití. Kromě již zmíněných typů snímačů poskytují také detektory vibrací nebo tříštění skla, (RISCO Group, 2017).

K získávání dat z jednotlivých senzorů je využíván přímý drátový přenos, bezdrátový přenos, nebo sběrnice, kterou společnost označuje jako „RISCOBUS“, (RISCO Group, 2017).



Obr. 3 Komunikační síť senzorů a řídicích prvků společnosti RISCO, (RISCO Group, 2017)

Společnost také nabízí bezpečnostní systémy na bázi detektorů s vestavěnou IP kamerou, které začnou v případě alarmového stavu nahrávat a video ukládat na RISCO cloud, ke kterému je možné se připojit pomocí webové či mobilní aplikace, (RISCO Group, 2017).



Obr. 4 Bezpečnostní systém s využitím integrovaných IP kamer, (RISCO Group, 2017)

3 Jednočipové počítače PIC

Mikroprocesory PIC jsou programovatelné polovodičové integrované logické obvody v současnosti používané v nespočetném množství spotřebičů a různých zařízeních. Díky své kompaktnosti disponují nízkou cenou a výhodné jsou také z hlediska energetické náročnosti. Nahrazují tedy velmi složité mechanické nebo elektronické systémy. Výhodné jsou také díky tomu, že pro změnu či vylepšení činnosti zařízení není nutno zasahovat do konstrukce zařízení. Firma zabývající se návrhem a výrobou mikroprocesorů této řady se nazývá Microchip Technology, (Hrbáček, 2004).

Mikroprocesory PIC jsou založeny na Harvardské architektuře, což znamená, že zde není jediná paměť, ale ta je rozdělena na paměť dat a paměť programu. Další vlastností těchto mikroprocesorů je redukovaná instrukční sada RISC, která obsahuje menší množství vybraných jednoduchých a často používaných instrukcí. Program je tedy delší, ale rychlost zpracování instrukcí je větší, (Pinker, 2004).

Mikroprocesory PIC se vyrábějí v několika produktových řadách, (Microchip Technology, 1998):

- 8 – bitové – PIC10, PIC12, PIC16, PIC18
- 16 – bitové – PIC24F, PIC24H/E, dsPIC30, dsPIC33F/E
- 32 – bitové – PIC32.

8 – bitová řada má nejširší využití od logického řízení až po plně integrované systémy, které zahrnují USB, Ethernet a LCD, (Microchip Technology, 1998).

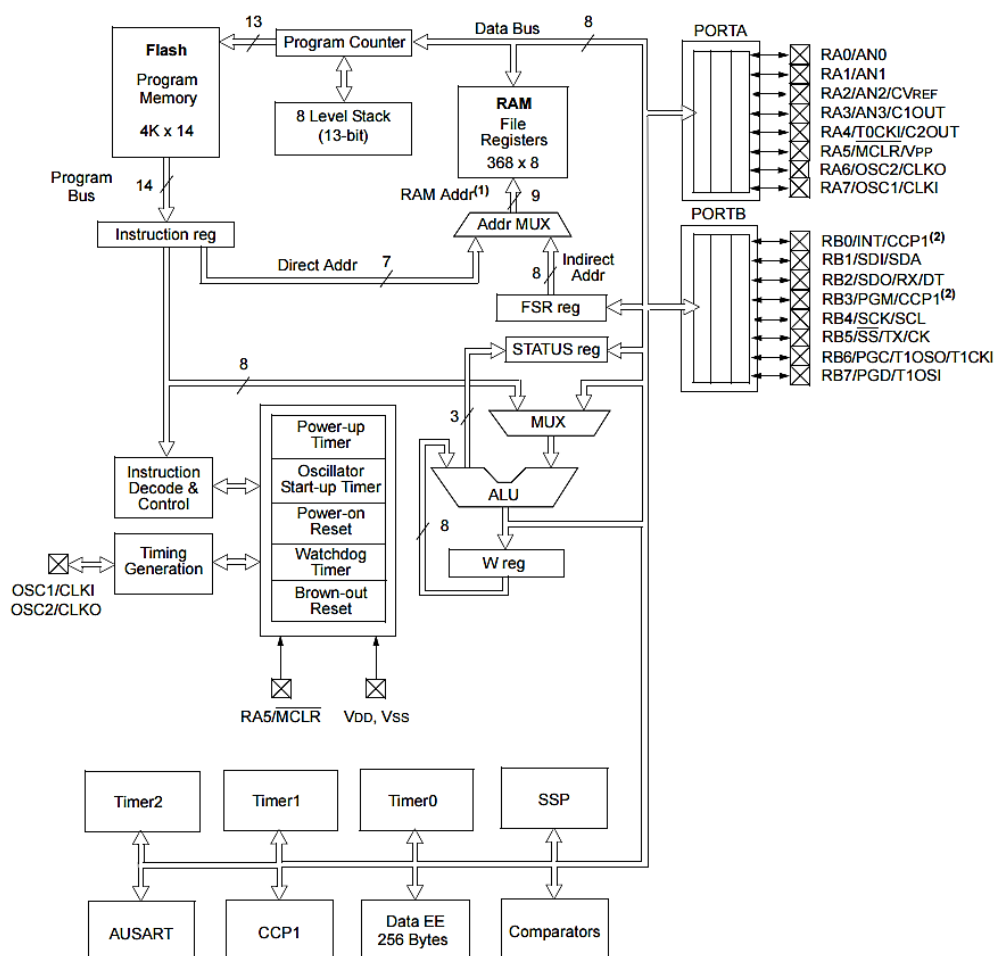
16 – bitová řada se používá v náročnějších aplikacích jako je řízení motoru, digitální napájecí stanice, dále se používá v osvětlovací technice a také u automotive aplikací. Jsou schopné čelit teplotě až 150 °C, (Microchip Technology, 1998).

32 – bitové mikroprocesory jsou vysoce výkonné a používají se například pro uživatelská rozhraní s vyšší grafickou úrovní. Podporují konektivitu Ethernet, USB a CAN, (Microchip Technology, 1998).

V následujících podkapitolách bude pro názornost rozebrána vnitřní struktura a organizace paměťového prostoru osmibitového mikroprocesoru s označením PIC16F88, který je využit v rámci zabezpečovacího systému.

3.1 Vnitřní struktura

Na Obr. 5 je naznačeno vnitřní zapojení obvodů mikroprocesoru PIC16F88. Mikroprocesor využívá RISC architektury. Instrukční sada obsahuje 35 instrukcí. Hlavním prvkem mikroprocesoru je aritmeticko-logická jednotka ALU, která provádí veškeré aritmetické a logické operace. ALU využívá ke své práci 8-bitový pracovní registr W. Dle výsledků také nastavuje příznakové bity stavového registru STATUS. Adresování programové paměti provádí programový čítač. Instrukce je následně načtena do registru instrukcí a dekodována. (Škuta a Horymír, 2006).



Obr. 5 Vnitřní zapojení obvodů mikroprocesoru PIC16F88, (Microchip Technology, 1998)

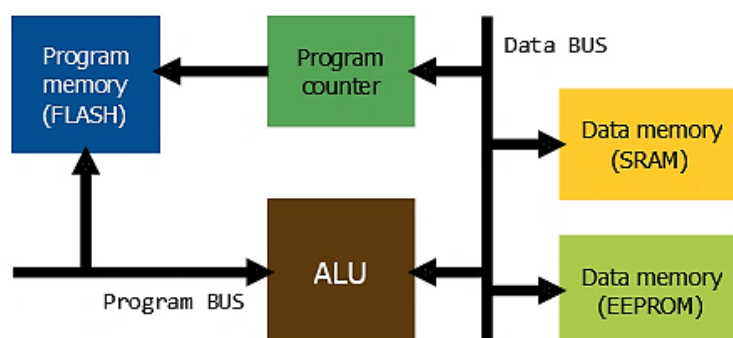
Mikroprocesor dále obsahuje, (Microchip Technology, 1998):

- Jednotky styku s prostředím PORTA, PORTB
- Speciální vlastnosti (WDT, BOR, OST, PWRT – vysvětlení v kapitole 3.3)
- 13-bitový programový čítač
- Moduly sériové komunikace – SSP, USART.

Podrobnější výčet technických parametrů se nachází v kapitole 5.4.

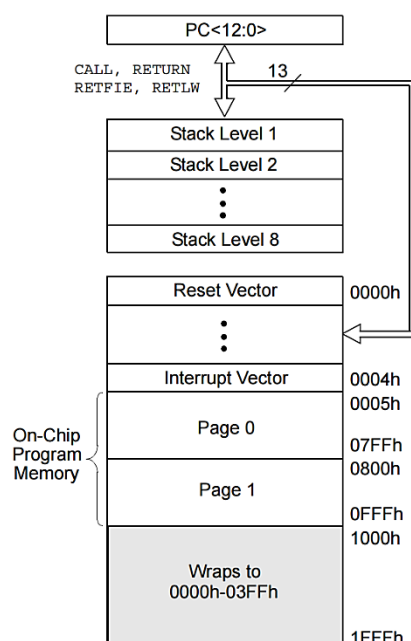
3.2 Organizace paměťového prostoru

Paměť mikroprocesorů PIC16F88 je organizována do tří oddělených bloků, které tvoří paměť programu typu FLASH, paměť dat SRAM a paměť dat EEPROM. Výhodné z hlediska současného přístupu do obou těchto pamětí je to, že paměť programu a paměť dat RAM využívají své vlastní oddělené adresní sběrnice, (Microchip Technology, 1998).



Obr. 6 Organizace paměti dle Harvardské architektury (PIC16F88), (Microchip Technology, 1998)

Mikroprocesor PIC16F88 je vybaven 13-bitovým programovým čítačem PC s možností adresace 8192 buněk, přičemž každá z nich obsahuje kód instrukcí o velikosti 14 bitů. Paměť programu je fyzicky implementována v rozsahu od 0000h do 0FFFh. Program je zahájen po reset signálu na adrese 0000h. Obsluha přerušení začíná na adrese 0004h, (Microchip Technology, 1998).



Obr. 7 Mapa paměti programu a zásobníku, (Microchip Technology, 1998)

Přerušeni lze vysvětlit jako požadavek na obsluhu jiné externí periférie. Příkladem může být příjem dat modulu pro sériovou komunikaci nebo změna stavu určitého pinu, který je pro tuto událost určen. V takovém případě je vyvolán podprogram pro obsluhu přerušeni hardwarovým voláním instrukce „CALL“ na adrese vektoru přerušeni. Tím je zajištěna okamžitá reakce mikroprocesoru na vzniklou událost, (Vacek, 2000).

Paměť dat je organizována do čtyř bank, které obsahují obecné registry a speciální funkční registry SFR. Dolní část každé banky je vyhrazena pro SFR. Nad nimi jsou obecné registry, které jsou implementovány jako statická paměť RAM. Pro výběr banky slouží bity RP0 a RP1 stavového registru STATUS, (Microchip Technology, 1998).

Tab. 1 Kombinace bitů RP0 a RP1 pro výběr dané banky, (Microchip Technology, 1998).

RP1:RP0	Banka
00	0
01	1
10	2
11	3

Speciální funkční registry SFR jsou používány pro ovládání činnosti mikroprocesoru a jeho periférií. SFR mohou být rozděleny do dvou skupin – jádro mikroprocesoru CPU a periférie, (Microchip Technology, 1998).

Příklady speciálních funkčních registrů SFR a jejich použití, (Microchip Technology, 1998):

- STATUS – kromě bitů pro výběr banky obsahuje příznaky aritmetických operací ALU nebo příznaky resetu.
- OPTION_REG – lze z něho číst i do něj zapisovat a obsahuje řídicí bity pro konfiguraci čítače/časovače, externího přerušeni a pull-up rezistorů brány B.
- INTCON – obsahuje bity pro práci s přerušením mikroprocesoru
- PIE1 – bity pro povolení či zakázání přerušeni od různých periférií
- PIR1 – příznakové bity pro přerušeni
- EEDATA – registr pro čtení nebo zápis do paměti EEPROM
- EEADR – adresa v paměti EEPROM
- EECON1 – bity pro přístup do paměti EEPROM
- PORTA – osmibitový obousměrný port
- PORTB – osmibitový obousměrný port

- TRISA – konfigurační registr brány A – nastavuje jako výstupní nebo vstupní
- TRISB – konfigurační registr brány B – nastavuje jako výstupní nebo vstupní
- INDF – registr pro nepřímé adresování dat
- FSR – registr ukazatele na nepřímé adresování dat
- PCL – registr pro čtení i zápis do spodních osmi bitů programového čítače PC
- PCLATH – registr pro zápis do horních bitů programového čítače
- ANSEL – registr pro volbu analogových vstupů
- ADCON0 – registr pro řízení činnosti A/D modulu
- ADCON1 – registr pro konfiguraci funkcí jednotlivých pinů
- ADRESL – registr pro dolní část výsledku A/D převodu
- ADRESH – registr pro horní část výsledku A/D převodu.

3.3 Speciální vlastnosti mikroprocesorů

Mikroprocesory jsou díky svým speciálním vlastnostem přizpůsobeny pro aplikace v reálném čase. Tyto vlastnosti zajišťují spolehlivý provoz a zapojení obsahuje minimum vnějších prvků, (Microchip Technology, 1998):

- Automatický reset po připojení napájecího napětí (POR)
- Časovač pro zpoždění resetu po připojení napájecího napětí (PWRT)
- Časovač pro rozběh krystalového oscilátoru (OST)
- Detektor poklesu napájecího napětí (BOR)
- Přerušení (INT)
- Hlídač běhu programu (WDT)
- Dvourychlostní oscilátor pro rozběh
- Monitorování taktovací frekvence (Fail-safe monitor)
- Režim sleep s minimalizovanou spotřebou
- Ochrana paměti proti vyčtení
- Identifikační kód součástky (ID)
- Programování součástky v rámci koncové aplikace (ICSP).

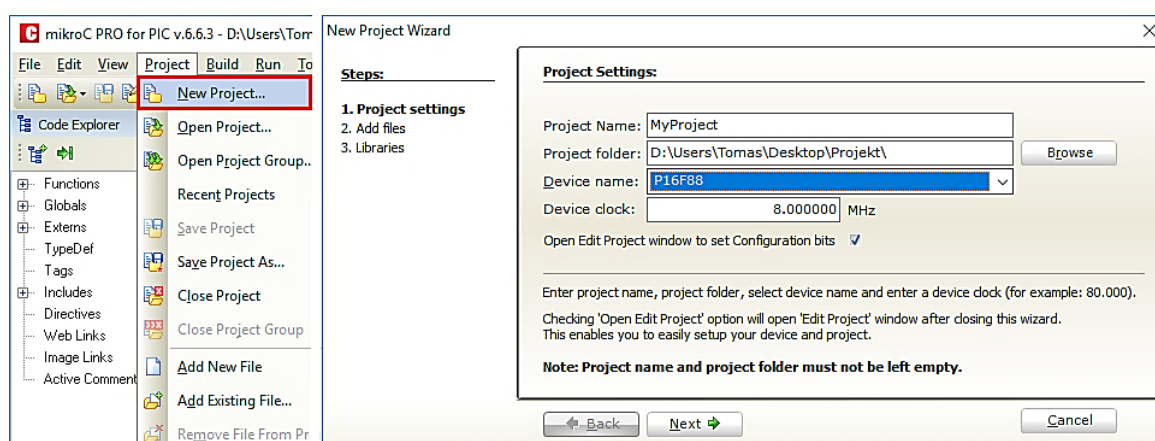
Ke konfiguraci těchto vlastností slouží 16-bitové konfigurační slovo, které nelze měnit programem a nastavuje se pouze při nahrávání programu do mikroprocesoru. Po zakoupení součástky jsou všechny bity nastaveny implicitně v logické 1, (Microchip Technology, 1998).

4 Programování jednočipových počítačů

K programování jednočipových počítačů řady PIC lze využít různá vývojová prostředí. Příkladem může být vývojové prostředí MikroC společnosti Mikroelektronika nebo prostředí MPLAB přímo od firmy Microchip, která je výrobcem a hlavním dodavatelem těchto mikroprocesorů na celosvětový trh.

Pro vytvoření aplikací na jednočipových počítačích řady PIC zabezpečovacího systému bylo zvoleno vývojové prostředí MikroC firmy Mikroelektronika. Jak již z názvu vyplývá, toto vývojové rozhraní využívá k programování jazyk C.

Po spuštění prostředí je nutno vytvořit nový projekt, což zahrnuje pojmenování projektu, volbu cesty k uložení, volbu typu programovaného jednočipového počítače a také nastavení taktovací frekvence dle použitého krystalového oscilátoru. Je zde také možnost zaškrtnutím políčka po založení projektu otevřít okno s nastavením speciálních vlastností mikroprocesoru pomocí konfiguračních bitů.



Obr. 8 Založení nového projektu v MikroC

Po založení nového projektu je možné již psát zdrojový kód aplikace a po jejím dokončení je program zkompilován a sestaven kliknutím na tlačítko Build. Jestliže se při kompilaci nevyskytne žádná chyba, vytvoří se hexadecimální soubor s příponou „.hex“, který je využíván pro nahrávání programu do paměti mikroprocesoru. Nahrávat tento soubor lze přes sériovou linku programem PIC Bootloader, který je volně ke stažení na internetu. Je tedy nutné připojit mikroprocesor k počítači prostřednictvím převodníku sériové linky na USB rozhraní. Příkladem může být převodník Arduino.

Tento způsob nahrávání programu do mikroprocesoru je však možné využít pouze v případě, že mikroprocesor v sobě již obsahuje program nazývaný jako Bootloader, který je schopen aktualizovat firmware mikroprocesoru pomocí sériového portu z počítače PC.



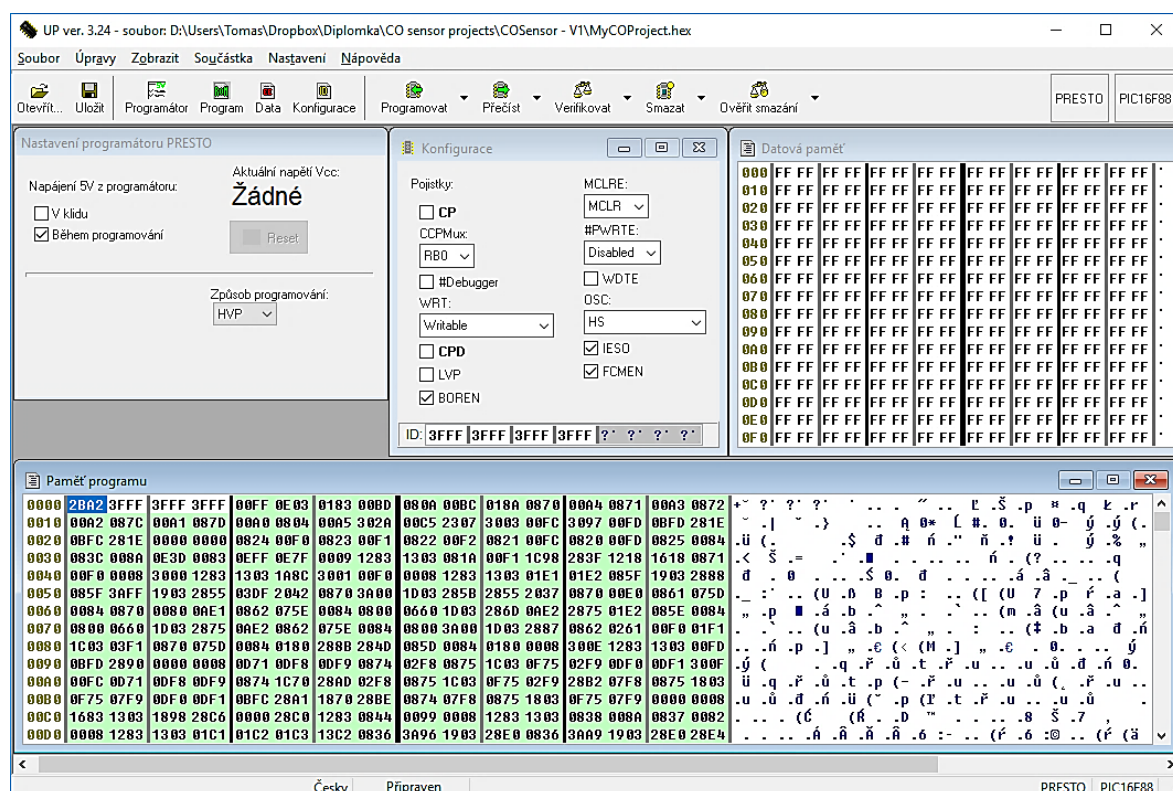
Obr. 9 Arduino USB2SERIAL light adapter

Další možností nahrávání programu do mikroprocesorů je využití programátoru PRESTO firmy ASIX. Kromě mikroprocesorů PIC dokáže programovat mikroprocesory AVR a ARM firmy Atmel nebo MSP430 firmy Texas Instruments, (ASIX, 1991).



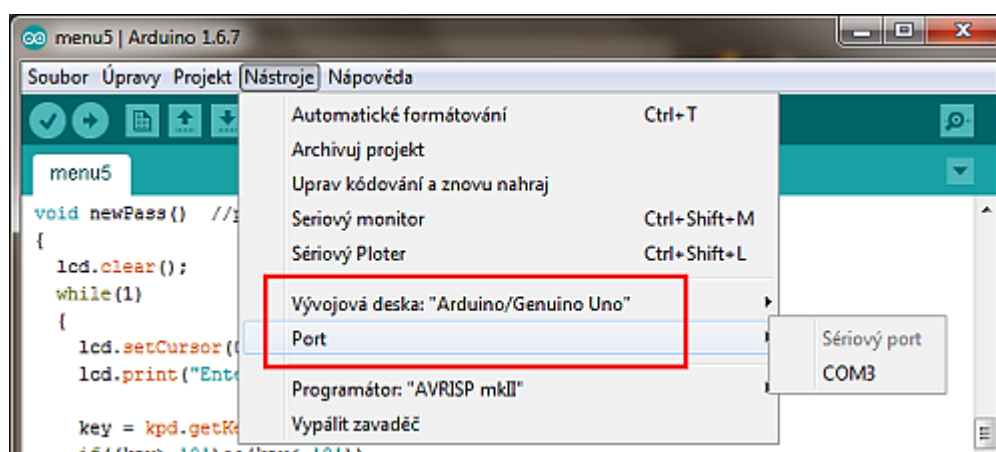
Obr. 10 Programátor PRESTO, (ASIX, 1991)

K nahrávání programu do mikroprocesoru využívá vlastní rozhraní ASIX UP. Po spuštění programu se nejprve připojí k programátoru. Nemá-li programátor připojen, program vyzve k jeho připojení. Následně je otevřeno rozhraní, které umožňuje nejen do mikroprocesoru program nahrávat, ale také program vyčíst, zkontrolovat všechny typy paměti, smazat a zkontrolovat, zda bylo smazáno vše. Pro nahrání programu je nutné nejprve vybrat typ součástky a následně vybrat hexadecimální soubor, který, jak již bylo zmíněno, se nachází v adresáři projektu. Rozhraní dále umožňuje dodatečně měnit konfigurační bity speciálních vlastností před samotným nahráním. Také je možné vybrat, jakou paměť mikroprocesoru chceme programovat a jakým způsobem. Velmi výhodné je programování rozdílové, které šetří životnost paměti, jelikož jsou programátorem přepisována pouze místa v paměti, kde došlo ke změně.



Obr. 11 Rozhraní pro práci s programátorem PRESTO

Pro programování vývojových desek Arduino je využíváno rozhraní Arduino. Toto prostředí bude popsáno, jelikož zabezpečovací systém bude posílat údaje o měřených hodnotách a stavech na webový server, který bude s využitím ethernet modulu zprostředkovávat právě vývojová deska Arduino.

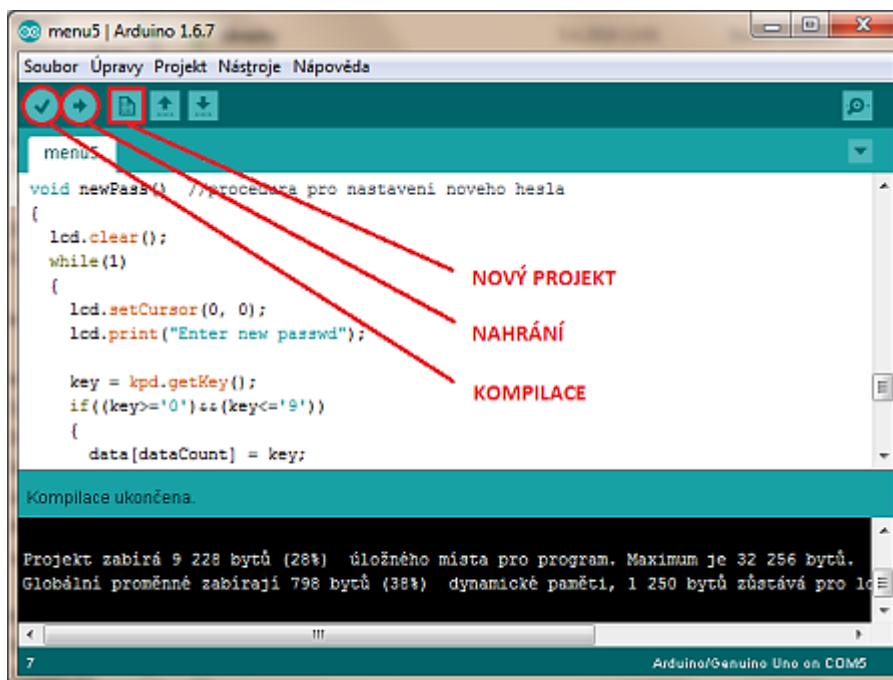


Obr. 12 Stanovení sériového komunikačního portu a výběr vývojové desky

Vývojové prostředí Arduino je volně ke stažení na internetu. Obsahuje již v sobě ovladače pro jednotlivé moduly Arduino, a proto stačí po nainstalování tohoto prostředí

nastavit pouze sériový port COM pro komunikaci a vybrat si v nástrojích odpovídající Arduino modul.

Na Obr. 13 je naznačen postup pro založení nového projektu, kompilaci a nahrání programu do mikroprocesoru vývojové desky.



Obr. 13 Prostředí Arduino a základní operace

5 Návrh zabezpečovacího systému

Tato kapitola se zabývá systémovým návrhem zabezpečovacího systému, což zahrnuje volbu jednotlivých prvků a také seznámení s možnostmi komunikace mezi těmito prvky.

Prvním krokem v návrhu zabezpečovacího systému je specifikace, co vše bude zabezpečovací systém obsahovat.

Hlavními prvky zabezpečovacího systému jsou bez pochyby snímače. Inteligentní zabezpečovací systém by měl zabezpečit nejen neoprávněný vstup do hlídaného objektu, ale také by měl sledovat události uvnitř tohoto objektu. Neoprávněné vniknutí lze sledovat pohybovými senzory nebo také magnety, které mohou kontrolovat otevření dveří a oken. Jako další událost uvnitř objektu lze označit například vznik požáru, který lze kontrolovat teplotními snímači a detektory kouře, nebo prasklé vodovodní potrubí, což je možné indikovat pomocí senzorů vlhkosti.

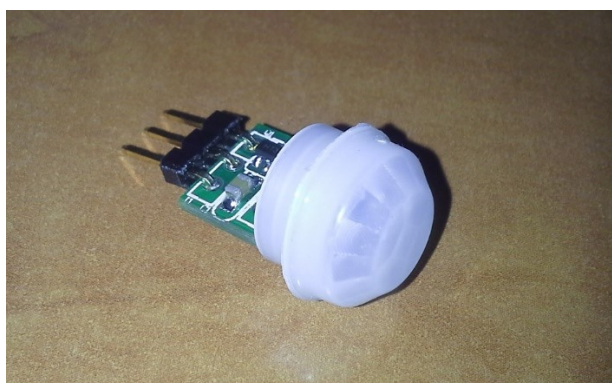
Dále by měl zabezpečovací systém obsahovat prvky, které budou sbírat a zpracovávat data o měřených veličinách a stavech a poskytovat je hlavnímu řídicímu prvku, který veškerá data zpracuje a vyhodnotí alarmové stavy. Těmito prvky budou tedy jednočipové počítače PIC a bude tedy nutno zvolit konkrétní typy tak, aby vyhovovaly zvoleným kritériím.

Důležitou roli v zabezpečovacím systému také hraje komunikace. Bude tedy provedeno seznámení s komunikačními možnostmi, které jsou v současné době v této oblasti nejpoužívanější a na jehož základě bude nutno zvolit konkrétní typ.

Moderní zabezpečovací systémy jsou také schopny údaje o měřených veličinách a hlídaných stavech poskytovat uživateli vzdáleně s využitím mobilních technologií, což může být realizováno například pomocí webového serveru. Na trhu se vyskytuje mnoho druhů ethernetových modulů, které jsou schopny webový server zprostředkovat a jsou kompatibilní například s vývojovými deskami firmy Arduino.

5.1 Snímače zabezpečovacího systému

Pro detekci pohybu byl zvolen senzor PIR s označením SB00322A-1. Disponuje rozsahem napájecího napětí od 3,3 V do 15 V. Proto je nutné přidat na vstup pro napájení modulu rezistor o hodnotě příslušné použitému napájecímu napětí. Pracuje v teplotách od -20 do 80 °C a má vysokou citlivost. Umožňuje detekci přítomnosti lidské osoby až na vzdálenost od 2 do 5 metrů s úhlem detekce 100°. PIR modul je vybaven logickým výstupem. Jestliže je aktivní, na výstupu bude logická 1, což v případě tohoto modulu odpovídá napětí 3 V, (GM Electronic, 1990).



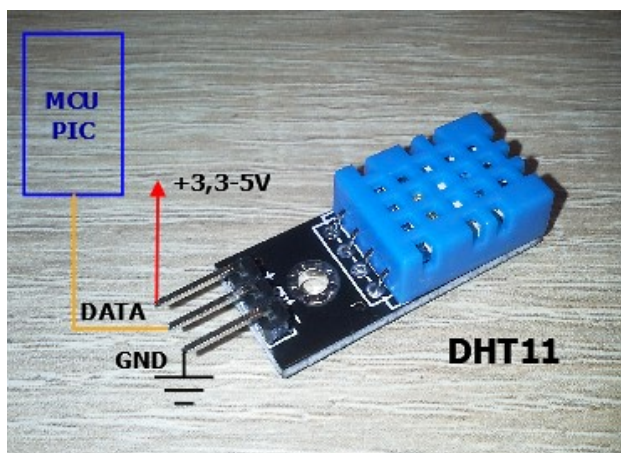
Obr. 14 Snímač detekce přítomnosti lidské osoby SB00322A-1

Pro detekci oxidu uhelnatého byl zvolen inteligentní snímač MQ-9 s integrovaným obvodem LM393. Provozní napětí snímače je 3 až 5 V. Senzor má analogový výstup v rozsahu 0 až 5 V, přičemž koncentrace oxidu uhelnatého se s napětím zvyšuje. Také obsahuje výstup TTL pro indikaci alarmového stavu (logická 0 – normální stav, logická 1 – alarmový stav), (GM Electronic, 1990).



Obr. 15 Snímač detekce oxidu uhelnatého MQ-9

Dalším snímačem je modul DHT11 pro měření teploty a vlhkosti, který obsahuje celkem 3 piny – napájecí a jeden datový. Přenos dat tedy probíhá pouze po jednom vodiči. Využívá vlastní protokol 1-wire. Tento vodič je připojen na digitální I/O pin mikroprocesoru. Pro kratší vodič do 20 metrů se využívá pull-up rezistor s elektrickým odporem okolo 5 k Ω . Modul lze napájet v rozsahu od 3,3 V do 5 V. DHT11 je schopen měřit teplotu od 0 do 50 °C s přesností ± 2 °C a vlhkost v rozsahu od 20 do 90 % s přesností ± 5 %, (GM Electronic, 1990).



Obr. 16 Modul DHT11

Pro hlídání dveří a oken lze využít jazýčkový kontakt P-MK472. Maximální dovolené napětí je 200 V a kontaktem může procházet maximální proud 0,5 A, (GM Electronic, 1990).

Magnetický kontakt pracuje na principu sepnutí jazýčkového kontaktu po přiblížení magnetu. Jazýčkový kontakt je tedy nutné připevnit na dveřní či okenní rám a magnet na dveře či okno tak, aby v zavřeném stavu byl magnet co nejbližší jazýčkovému kontaktu a držel ho v sepnutém stavu. Jakmile se dveře či okno otevrou, kontakt se rozezne a elektrický obvod je přerušen.



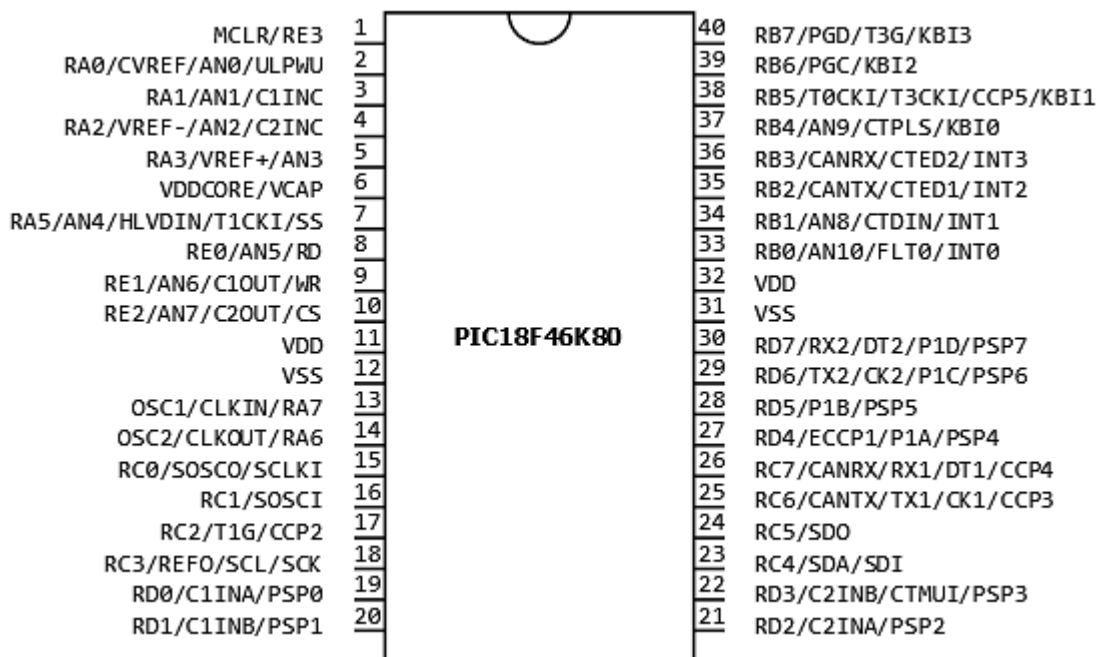
Obr. 17 Jazýčkový kontakt a magnet

5.2 Volba mikroprocesoru řídicí jednotky

Jako hlavní mikroprocesor zabezpečovacího systému byl zvolen Microchip PIC18F46K80. Tento čip má 40 pinů a obsahuje dva moduly pro komunikaci po sériové lince, což bylo hlavním důvodem jeho volby. V rámci řídicí jednotky laboratorního modelu je jeden modul připojen k Arduino webovému serveru a na další modul je napojeno rozhraní pro obsluhu sběrnice RS485, ke které jsou připojeny senzorové moduly a ovládací panel.

Technická specifikace PIC46K80, (Microchip Technology, 1998):

- Paměť programu typu FLASH 64 kB
- Paměť dat SRAM 3648 B a 1024 B EEPROM
- 35 vstupů/výstupů
- 11 dvanáctibitových A/D kanálů
- Čtyři CCP moduly a jeden rozšířený ECPP
- Časovače 2 x 8 – Bit / 3 x 16 – Bit
- Rozšířené rozhraní sériové linky EUSART x2
- 2 komparátory
- Rozhraní sběrnice CAN
- Synchronní sériový port - I²C a SPI rozhraní.



Obr. 18 Pin diagram PIC18F46K80, (Microchip Technology, 1998)

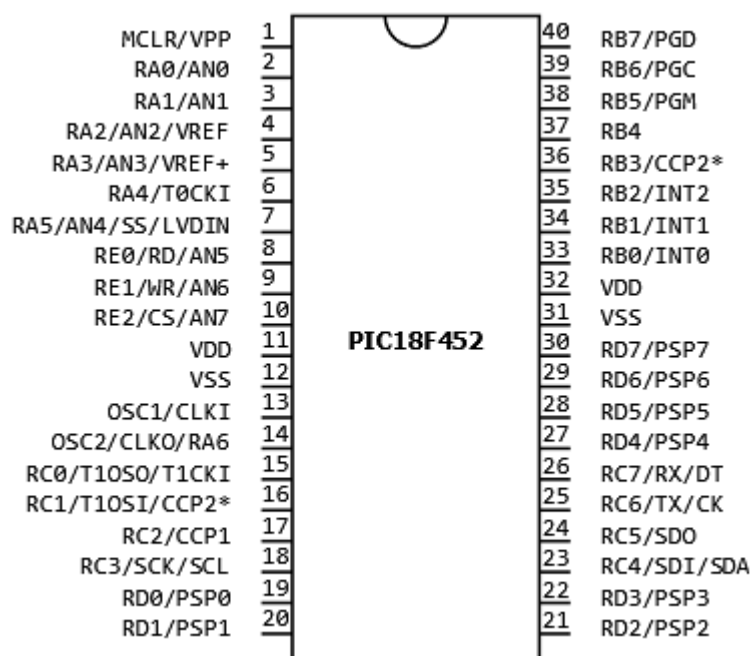
5.3 Volba mikroprocesoru ovládacího panelu

Jako mikroprocesor ovládacího panelu zabezpečovacího systému byl zvolen PIC18F452. Mezi hlavní důvody jeho volby patří dostatečný počet vstupů a výstupů pro připojení klávesnice a LCD displeje. Je dostatečně rychlý a obsahuje rozhraní sériové linky.

Jedná se o osmibitový mikroprocesor, který má celkem 40 pinů.

Technická specifikace, (Microchip Technology, 1998):

- Paměť programu typu FLASH o velikosti 32 kB
- Paměť dat o velikosti 1536 B RAM a 256 B EEPROM
- 36 vstupů/výstupů
- 8 desetibitových A/D kanálů
- Dva CCP moduly
- SPI komunikace
- I²C komunikace
- Adresovatelný modul sériové linky USART s podporou RS485, RS232.



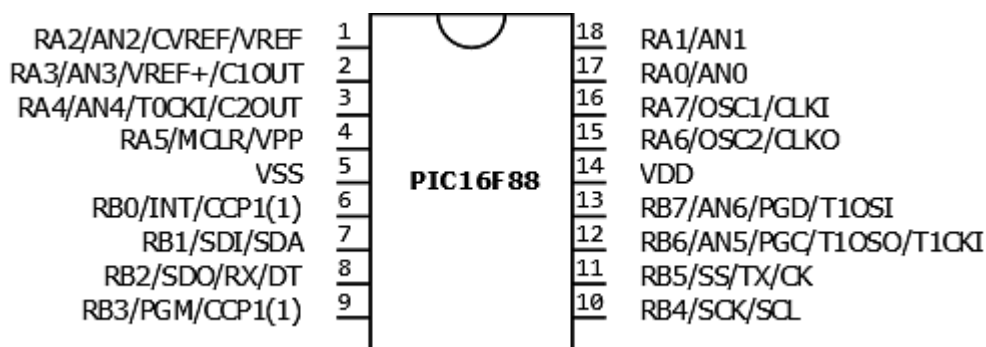
Obr. 19 Pin diagram mikroprocesoru PIC18F452, (Microchip Technology, 1998)

5.4 Volba mikroprocesorů pro senzorové moduly

PIC16F88 je osmibitový mikroprocesor firmy Microchip. Má celkem 18 pinů a v zabezpečovacím systému je používán pro čtení dat a stavů z jednotlivých senzorů. Tento mikroprocesor byl vybrán, jelikož obsahuje rozhraní pro sériovou linku a je cenově přijatelný a snadno dostupný. Nevýhodou je však jeho velikost, jelikož je snahou realizovat senzorové moduly tak, aby byly co nejmenší.

Technická specifikace mikroprocesoru, (Microchip Technology, 1998):

- Paměť programu o velikosti 7168 bytů
- Paměť dat SRAM o velikosti 368 bytů a typu EEPROM o velikosti 256 bytů
- Celkem 16 I/O pinů
- Jeden desetibitový A/D kanál
- Jeden standartní CCP modul
- Adresovatelné rozhraní USART (AUSART)
- Dvojitý modul analogové komparace
- Synchronní sériový port SSP
 - komunikace SPI (Master/Slave)
 - komunikace I²C (Slave)
- 2 osmibitové časovače a 1 šestnáctibitový.



Obr. 20 Pinový diagram mikroprocesoru PIC16F88, (Microchip Technology, 1998)

Podstatně lepším mikroprocesorem z hlediska úspory místa je méně dostupnější PIC12F1840. Jedná se o integrovaný obvod, který má pouze 8 pinů, z čehož plyne složitější konfigurace vnitřních registrů při inicializaci programu a nutnost využití interního oscilátoru v případě této aplikace.

Technická specifikace PIC12F1840, (Microchip Technology, 1998):

- Paměť programu typu FLASH o velikosti 4 kB
- Paměť dat 256 B EEPROM a 256 B SRAM
- 6 vstupů/výstupů
- 4 desetibitové A/D převodníky
- 1 modul komparátoru
- 2 osmibitové a 1 šestnáctibitový časovač
- Rozhraní EUSARTx1
- Synchronní sériový port MSSP (I²C a SPI komunikace)
- Jeden CCP modul.



Obr. 21 Pin diagram mikroprocesoru PIC12F1840, (Microchip Technology, 1998)

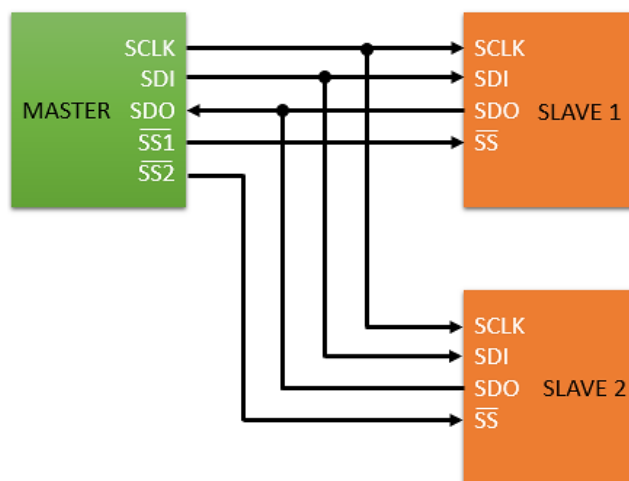
5.5 Možnosti a volba komunikace

Základem zabezpečovacího systému je samozřejmě vzájemná komunikace mikroprocesorů a také jejich komunikace s různými typy snímačů a s dalšími perifériemi. Proto je nutné nastudovat, jaké možnosti a principy komunikací se v této oblasti využívají.

V dnešní době je v automatizační technice velmi oblíbená komunikace SPI (Serial Peripheral Interface). Může být použita například pro komunikaci mezi dvěma mikroprocesory nebo mezi různými moduly. Jedná se tedy o sériovou komunikaci mezi prvky daného systému, kde jeden prvek je vždy řídicí (např. mikropočítač) a ostatní komunikují pouze s tímto prvkem. Hlavní prvek je zde nazýván jako „Master“ a ostatní prvky jsou označovány jako „Slaves“. Komunikace pomocí „SPI“ je realizována jednosměrně, což znamená, že jsou zde vodiče pro vstup a vodiče pro výstup, (Tišnovský, 2008).

Komunikace mezi jednotlivými obvody probíhá tak, že Master nastaví logickou 0 na takový výstup SS (slave select), jaký je spojen se zařízením, se kterým chce komunikovat. V té chvíli začne master vysílat hodinové impulzy na SCLK a obě zařízení začnou posílat svá data po vodičích SDI (serial data input) a SDO (serial data output). Jakmile jsou data

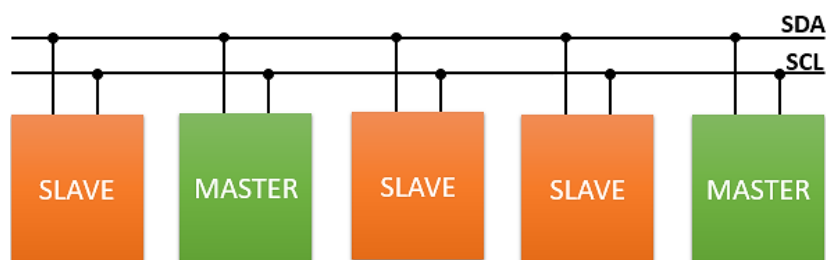
poslána, lze v komunikaci pokračovat, jelikož Master vysílá hodinový impulz, dokud nenastaví na SS příslušného zařízení logickou 1. Délka vyslaných dat může být 8 bitů (Byte) nebo 16 bitů (Word), (Tišnovský, 2008).



Obr. 22 Princip SPI komunikace mezi MASTEREM a SLAVES, viz (Tišnovský, 2008).

Spolu s SPI komunikací, se také často využívá sběrnice I²C (Inter-integrated Circuit). Rozdílem oproti SPI komunikaci je možnost přenášet data oběma směry, tedy je zde poloduplexní přenos. Tato technologie je výhodnější z hlediska úspory vstupů a výstupů u mikroprocesoru, jelikož je zde využit pouze vodič pro přenášení dat a vodič pro hodinový signál. Výhodou této technologie je také možnost připojení více „Masters“ ke sběrnici, avšak v jedné chvíli může být v režimu Master pouze jedno zařízení, aby nedocházelo ke kolizím, (Tišnovský, 2008).

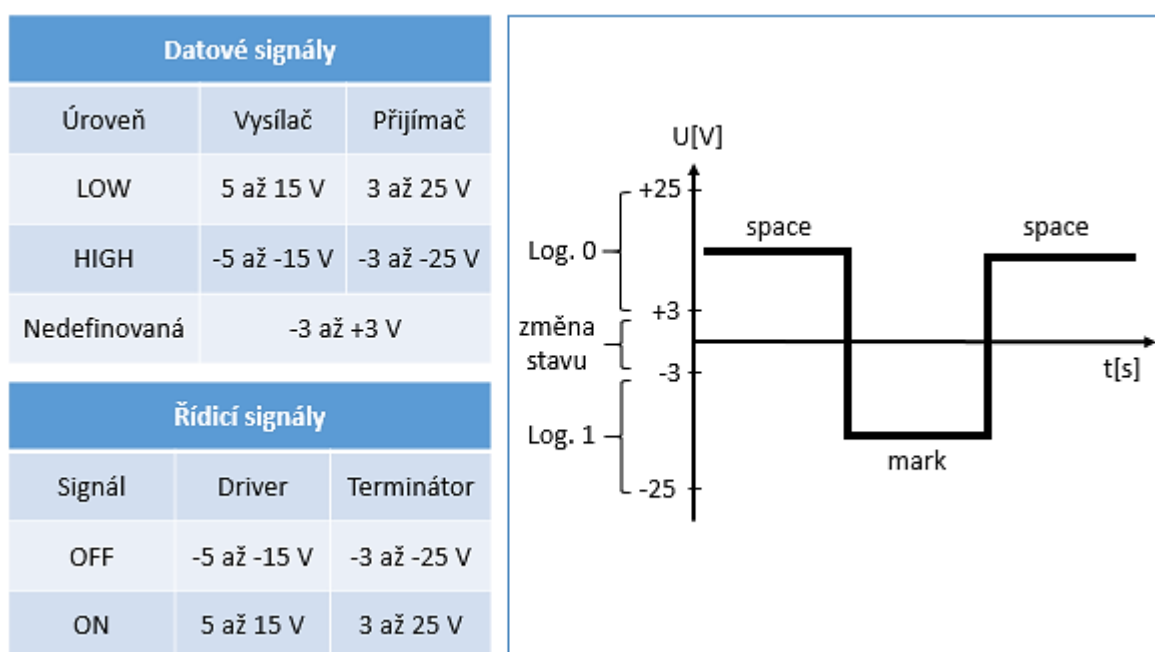
Nevýhodou této komunikace oproti „SPI“ může být náročnější programování, jelikož je zde nutné zajistit, aby se piny zařízení Master a Slave přepínaly z režimů vstupních na výstupní a naopak. Každé zařízení má svou jednoznačnou adresu danou komunikačním protokolem, aby bylo možné identifikovat, kde se mají data poslat. Mezi výhody této sběrnice lze ještě zařadit přenos dat na delší vzdálenosti oproti SPI, (Tišnovský, 2008).



Obr. 23 Princip I2C komunikace mezi MASTERS a SLAVES, (Tišnovský, 2008)

Jak již zobrazuje obrázek, komunikace probíhá po dvou vodičové sběrnici. První vodič SDA (serial data) slouží pro přenos dat oběma směry a druhým vodičem SCL (serial clock) master zařízení posílají hodinové signály ostatním zařízením připojeným ke sběrnici. Tyto dva vodiče je však nutné ještě připojit na společnou zem a také na napájecí napětí s využitím pull-up rezistorů o odporu přibližně 1500 ohmů. To je prováděno z důvodu nečinnosti zařízení na sběrnici. V tom případě je napětí na obou vodičích těmito rezistory zvýšeno na hodnotu logické 1, což je normou předepsaný klidový stav, (Tišnovský, 2009).

Další možností komunikace je sériová linka RS232. Slouží k přenášení dat mezi dvěma uzly až na vzdálenost 20 metrů. Informace jsou přenášeny asynchronně konstantní přenosovou rychlostí. Z toho důvodu je přenos synchronizován sestupnou hranou startovacího bitu, po kterém jsou již posílány datové bity, (Olmr, 2005).



Obr. 24 Datové a řídicí signály RS232, (Olmr, 2005)

RS232 využívá dvou napěťových úrovní, konkrétně logické 1 a logické 0. Logická 0 je přenášena zápornou úrovní výstupních vodičů a označuje se jako „marking state“ - klidový stav. Logická 1 je přenášena kladnou úrovní výstupních vodičů a označuje se jako „space state“, (Olmr, 2005).

Další variantou sériové komunikace je sběrnice RS485, která se používá výhradně v průmyslovém prostředí a v systémech řízení pro přenos maloobjemových dat. Tato linka využívá oproti RS232 pro každý signál jednu kroucenou dvojlinku. Princip spočívá v tom, že pokud je signál v logické 0, tak je napětí na prvním vodiči kladné a na druhém záporné.

Pokud je signál v logické 1, je tomu naopak. Jedná se tedy o napěťový rozdíl mezi vodiči a ten bývá zpravidla 2 V. Aby nedošlo k zahlcení a přerušení komunikace, musí být mezi zemí přijímače a vysílače rozdíl menší než 7 V. Proto je důležité využití galvanického oddělení u této linky, (Poucha, 2005).

Tuto sběrnici lze použít na velké vzdálenosti, které mohou dosahovat až 1200 metrů a přenosová rychlost může být až 2,5 MB/s, (HW Server, 1997).

RS485 využívá rozdílové vysílače se střídavým napětím od 0 do 5 V a využívá se pro multi-point komunikaci, kdy více zařízení lze napojit na jedno vedení. Většina systémů, které pracují na této sběrnici, používají architekturu, kde některá zařízení pracují jako MASTER a některá jako SLAVE. Každý tento bod sběrnice musí mít svou unikátní adresu, aby byl MASTER schopen vyslat pakety do požadovaného bodu sběrnice, (HW Server 1997).

Tato sběrnice se vyskytuje ve dvou variantách, (HW Server, 1997):

- Dvouvodičová – jedna kroucená dvojlinka
- Čtyřvodičová – dvě kroucené dvojlinky.

Ve dvouvodičové verzi jsou všechna zařízení napojena na jednu dvojlinku. Jedná se o polo-duplexní přenos dat, tedy data se na jednom vodiči přenášejí v obou směrech. Jelikož nesmí více zařízení začít vysílat najednou, je tedy nutno softwarově ošetřit směr toku dat, (HW Server, 1997).

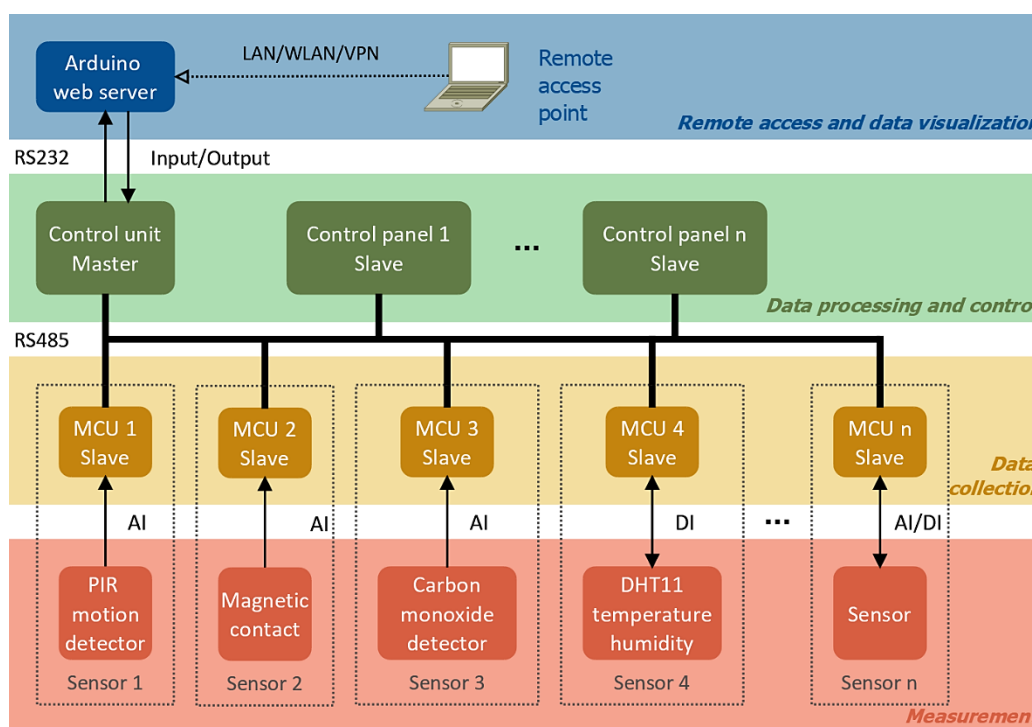
Ve čtyřvodičové verzi SLAVE zařízení využívají k vysílání dat pro MASTER zařízení druhou dvojlinku. U tohoto provedení musí MASTER obesílat dotazovacími pakety všechny SLAVE zařízení. Výhodou je také zvýšení propustnosti víceobjemových dat (HW Server, 1997).

Jelikož bude zabezpečovací systém obsahovat hlavní mikroprocesor, který bude komunikovat s mikroprocesory zpracovávající data z jednotlivých snímačů, bude se jednat o komunikaci typu Master – Slave. Komunikace by také neměla být omezená vzdáleností. Hlídaným objektem totiž nemusí být jen domácnost, ale také rozsáhlý objekt. Těmto kritériím vyhovuje průmyslová sběrnice RS485 a bude tedy využita pro komunikaci mezi mikroprocesory PIC.

5.6 Struktura zabezpečovacího systému

Strukturu zabezpečovacího systému lze rozdělit do několika úrovní – měření dat, sběr dat, zpracování dat a řízení a vzdálený přístup a vizualizace dat.

Pro přehlednost bylo vytvořeno blokové schéma zobrazující kompletní hierarchickou strukturu zabezpečovacího systému s rozdělením na jednotlivé úrovně dle činností, které dané prvky této úrovně vykonávají.

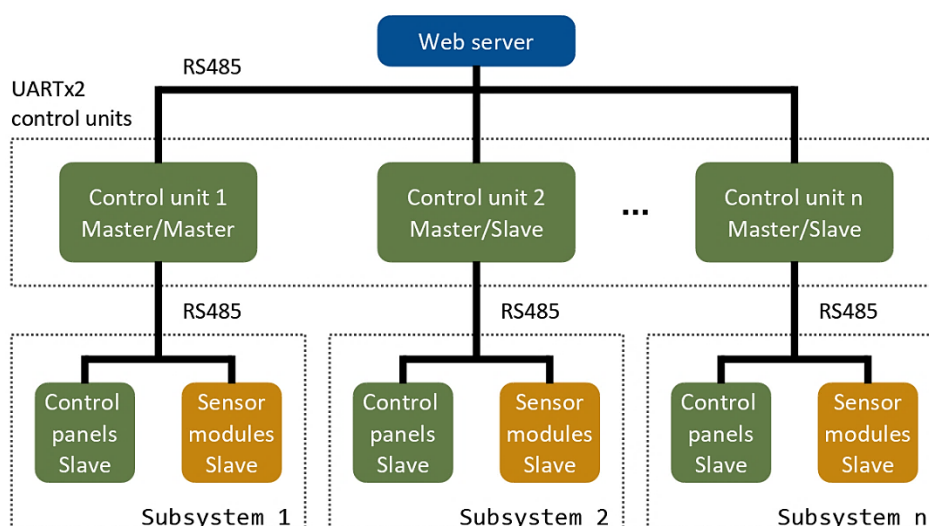


Obr. 25 Blokové schéma zabezpečovacího systému

Na nejnižší úrovni měření jsou jednotlivé snímače systému, které poskytují data buď analogově nebo digitálně mikroprocesorům na úrovni sběru dat. Snímač na úrovni měření a mikroprocesor na úrovni sběru dat dohromady tvoří senzorový modul, který je přizpůsoben k poskytování dat řídicí jednotce na vyžádání v rámci průmyslové sběrnice RS485, která tedy tvoří rozhraní mezi úrovní pro sběr dat a úrovní pro zpracování dat a řízení. Řídicí jednotka tedy zpracovává tyto data a vyhodnocuje alarmové stavy, dále tyto data poskytuje ovládacím panelům, které jsou na stejné úrovni, a také webovému serveru, který je o úroveň výše. Ovládací panely ovšem neslouží pouze pro příjem dat, ale také posílají data obsahující různé příkazy zpět řídicí jednotce. Stejně je tomu u webového serveru.

Komunikační rozhraní mezi řídicí jednotkou a webovým serverem je tvořeno sériovou linkou RS232 a TTL logikou. Webový server zajišťuje vývojová deska Arduino spolu s ethernet nástavbou. Sériová linka RS232 tedy slouží pro poskytování dat vývojové desce Arduino a příkazy z webového serveru jsou realizovány pomocí TTL logiky, kdy Arduino aktivuje svůj výstup přepnutím do stavu logické 1, který je vstupem do řídicí jednotky.

Takto navržené řešení je vhodné pro menší komplexy či domácnosti, jelikož na sběrnici RS485 lze napojit maximálně 32 zařízení bez opakovací. Pro rozsáhlejší aplikace by bylo možné využít tento návrh jako jeden subsystém z mnoha, kde však rozhraní RS232 a TTL nahradíme další sběrnici RS485, na které by byly napojeny řídicí jednotky všech subsystémů a webový server. Předpokladem je tedy mikroprocesor PIC se dvěma moduly sériové linky. Jedna z řídicích jednotek by však musela být hlavní, a tedy typu Master jak pro první modul, tak pro druhý modul.



Obr. 26 Rozsáhlejší aplikace

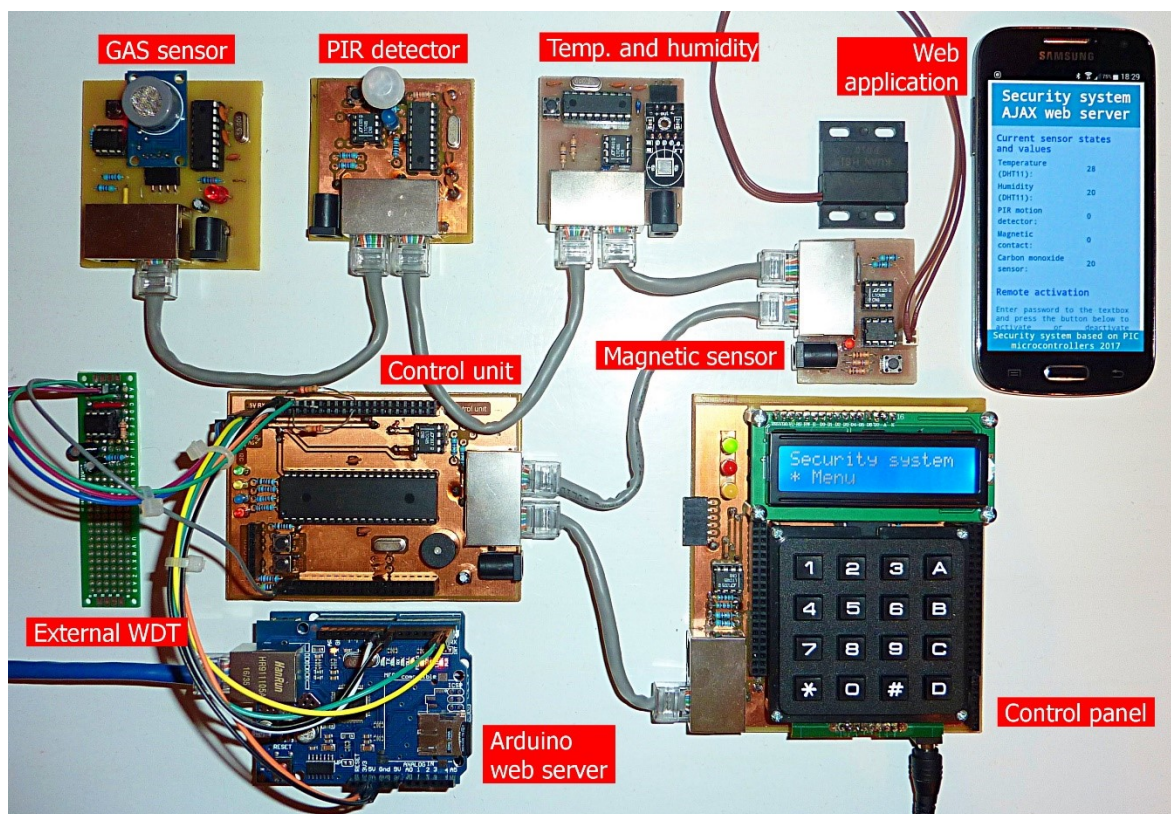
6 Realizace zabezpečovacího systému

Jak již bylo zmíněno, zabezpečovací systém obsahuje hlavní řídicí jednotku s mikroprocesorem PIC18F46K80, který má za úkol sbírat a zpracovávat data z ostatních mikroprocesorů PIC16F88 a PIC12F1840, na které jsou přímo napojeny senzory. Dále obsahuje ovládací panel na bázi mikroprocesoru PIC18F452. Pro všechny tyto mikroprocesory je nutné vytvořit programy tak, aby byla mezi nimi zajištěna bezproblémová komunikace.

Zabezpečovací systém se tedy bude skládat z hlavní řídicí jednotky, ovládacího panelu a ostatních sensorových modulů. V následujících kapitolách bude rozebrán komunikační protokol sběrnice RS485, která bude využita pro komunikaci mezi mikroprocesory PIC, návrh a realizace hlavní řídicí jednotky a ostatních sensorových modulů.

Pro ověření správnosti komunikace a funkčnosti hlavní řídicí jednotky, ovládacího panelu, všech navržených dílčích sensorových modulů a vytvořených algoritmů bylo před vlastní realizací provedeno zapojení s využitím kontaktních polí.

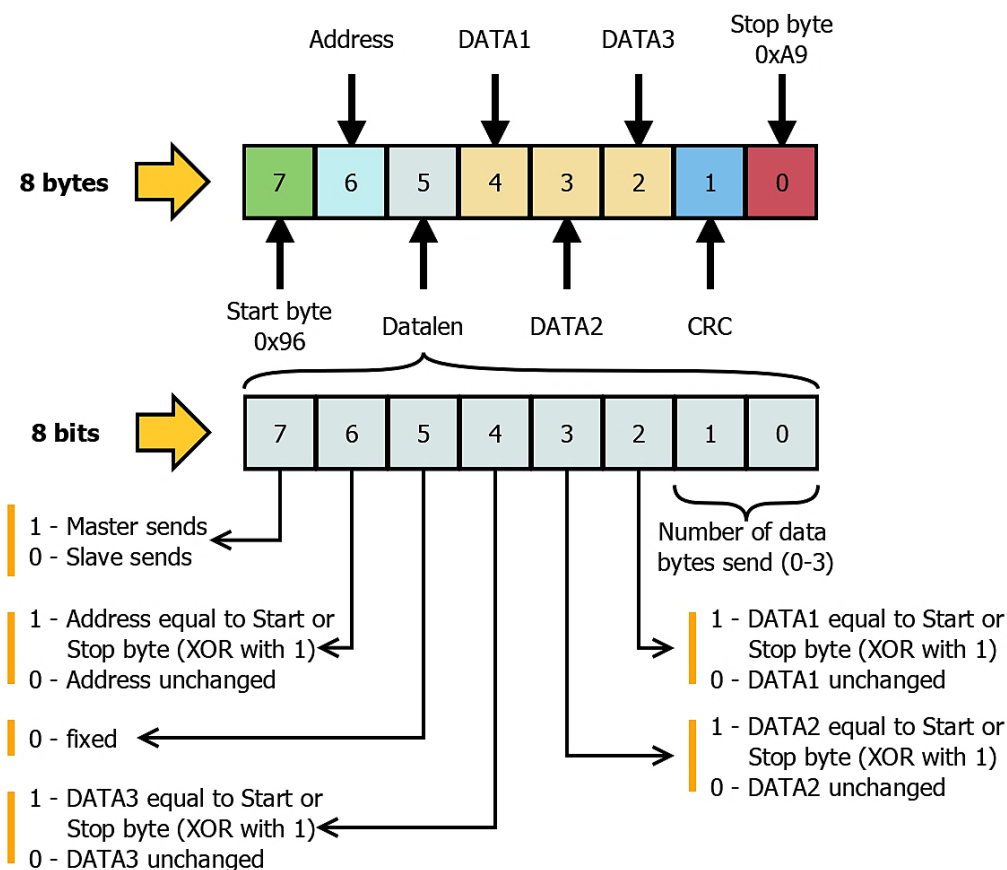
Odkaz na video ukázkou funkčnosti laboratorního modelu se nachází [zde](#).



Obr. 27 Realizovaný laboratorní model zabezpečovacího systému

6.1 Protokol sběrnice RS485

Pro realizaci průmyslové sběrnice RS485 je nutno do obvodu zakomponovat integrovaný obvod LTC485, což je nízkonapěťový přijímač pro sběrnice RS422/RS485. Pro programování mikroprocesorů zabezpečovacího systému je používáno vývojové prostředí MikroC PRO for PIC, které má implementovanou knihovnu pro komunikaci s využitím sběrnice RS485. Tato knihovna má jasně stanovený protokol pro komunikaci.

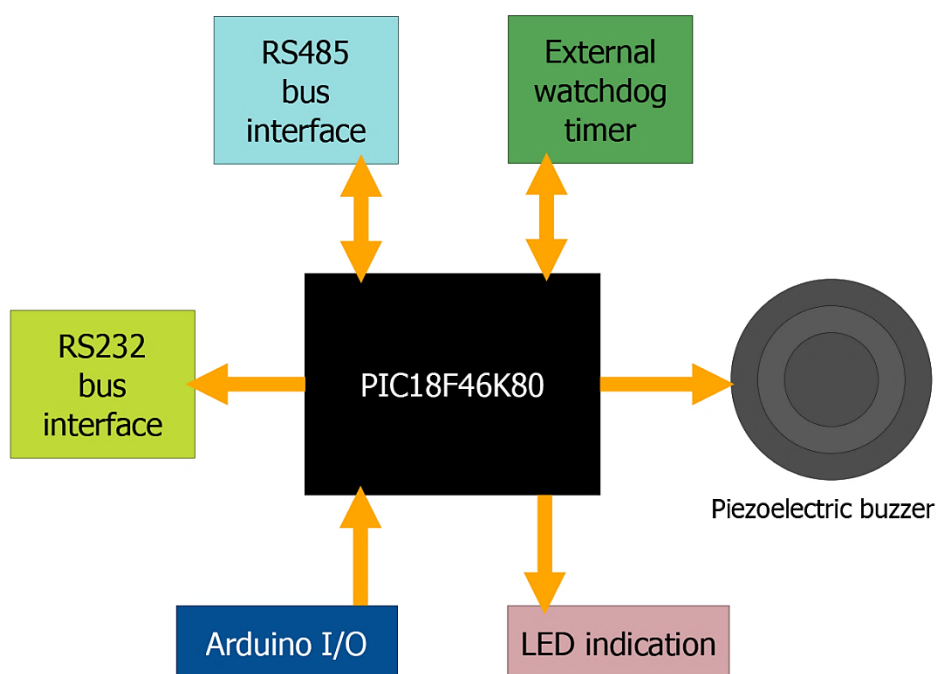


Obr. 28 Komunikační protokol sběrnice RS485, (MikroElektronika, 1998)

Komunikace je zahájena vysláním startovacího bytu, který má hexadecimální hodnotu 0x96, což je 150 v desítkové soustavě. Další byte obsahuje cílovou adresu zařízení, na které jsou zasílána data. Následující byte obsahuje informaci o tom, zda posílá data Master nebo Slave. Také obsahuje informace o změně posílaných dat a adresy v případě, že dojde k rovnosti se start bytem nebo stop bytem. Konkrétně je zde v případě rovnosti prováděn exkluzivní logický součet XOR s hodnotou 1. V dalším kroku jsou zasílány samotná data ve 3 bytech a pak následuje byte s kontrolním součtem CRC. Nakonec je vyslán stop byte s hodnotou 0xA9 v hexadecimální soustavě, což představuje číslo 169 v soustavě desítkové, (MikroElektronika, 1998).

6.2 Hlavní řídicí jednotka

Jako procesor hlavní řídicí jednotky byl zvolen PIC18F46K80. Úkolem hlavní řídicí jednotky je vyžadovat data ze senzorových modulů na průmyslové sběrnici RS485, tyto data zpracovat a následně vyhodnotit, zda se jedná o alarmový stav či nikoliv. Dále má za úkol zpracované data posílat do ovládacího panelu a na zařízení, které zprostředkovává webový server, aby data mohla být vizualizována uživateli. Z ovládacího panelu a webového serveru následně přijímá informace o tom, zda byl systém aktivován či deaktivován. Z ovládacího panelu dále přijímá zprávy, které obsahují nové heslo v případě, že bylo uživatelem prostřednictvím rozhraní ovládacího panelu změněno.



Obr. 29 Zjednodušené schéma hlavní řídicí jednotky

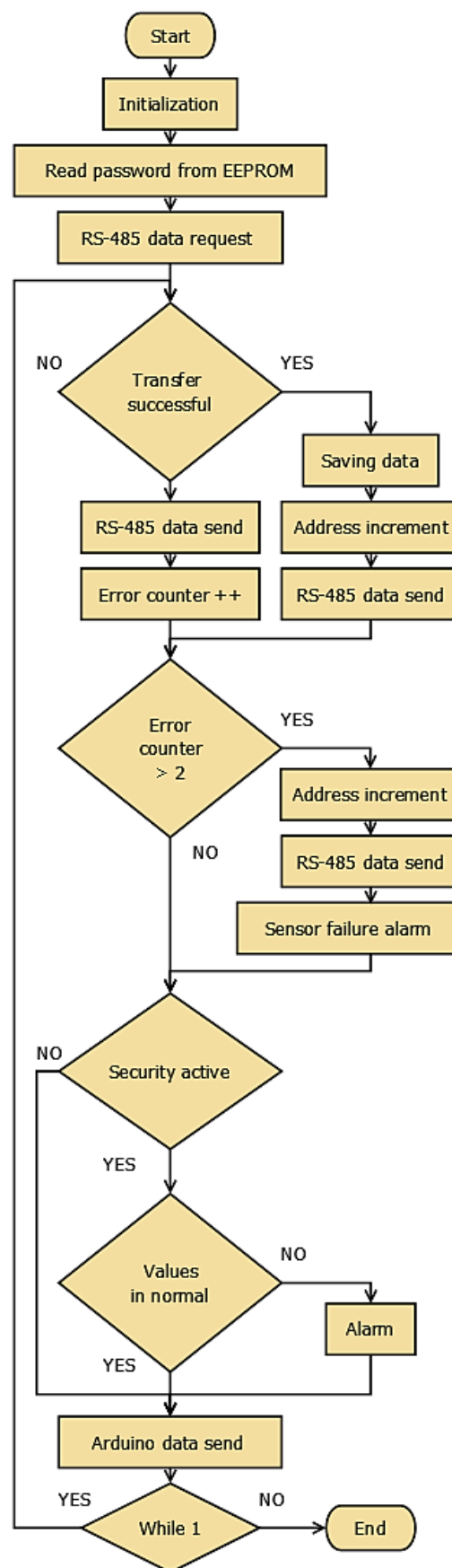
Hlavní řídicí jednotka tedy obsahuje kromě řídicího mikroprocesoru také rozhraní průmyslové sběrnice RS485 pro komunikaci s ostatními senzorovými moduly a ovládacím panelem, dále rozhraní RS232 pro posílání dat na Arduino web server, LED indikaci pro příjem a vysílání dat, chybný paket a vypršení limitu pro příjem zprávy. Dále obsahuje piezoelektrickou sirénu, která slouží jako indikace alarmového stavu, a konektory pro připojení vodičů z vývojové desky Arduino. Chod řídicí jednotky je hlídán externím „Watchdog“ časovačem, který v případě jejího zaseknutí restartuje řídicí jednotku. Kompletní schéma zapojení řídicí jednotky a návrh desky plošných spojů se nachází v příloze.

6.2.1 Návrh řídicího algoritmu

Před zahájením tvorby algoritmu je nutné si uvědomit, že zabezpečovací systém je založen na měření veličin v reálném čase. Proto algoritmus musí běžet pořád dokola bez ohledu na to, zda byla či nebyla provedena nějaká interakce, nebo zda se vyskytla nějaká chyba. Program se tedy nesmí za žádných okolností zastavit, což znamená, že hlavní řídicí smyčka by měla být z hlediska časového co nejkratší a nesmí obsahovat žádné prodlevy.

Hlavní cyklus programu by měl být tvořen postupným zasíláním požadavků na data na všechny senzorové moduly na sběrnici a dále obsahovat větev, která se provede v případě, že zabezpečovací systém není aktivovaný, a větev, která se provede v případě, že aktivovaný je.

Program tedy začíná inicializací, pokračuje vyčtením hesla z paměti EEPROM, po kterém okamžitě posílá požadavek na data na první adresu. Jestliže přenos dat proběhl úspěšně, data jsou uložena, adresa je inkrementována a je odeslán požadavek s daty na adresu novou. V případě neúspěšného přenosu je požadavek vyslán znovu na stejnou adresu. Jestliže přenos není úspěšný dvakrát za sebou, adresa je zvýšena a jsou posílána data na novou adresu a zároveň se spustí alarm z důvodu selhání senzoru. Dále následuje větev sledování veličin systému v případě, že je systém aktivní. Jakmile některá z veličin překročí svou limitní hodnotu, je spuštěn alarm. Posledním



Obr. 30 Zjednodušený vývojový diagram

důležitým krokem v programu je zaslání dat Arduino web serveru. Zde jsou kromě měřených dat senzorů posílány také vyhodnocené alarmové stavy.

6.2.2 Popis zdrojového kódu programu

Program využívá oddělený překlad, kdy projekt je rozdělen na soubor s hlavním řídicím algoritmem, soubor s definicemi funkcí a hlavičkový soubor. Ten obsahuje deklarace funkcí a globálních proměnných, dále přiřazení pinu pro vysílání a přijímání dat sběrnice RS485 a nastavení registru pro řízení směru toku dat. Soubor s definicemi funkcí obsahuje mimo jiné také definici maker a deklaraci dalších globálních proměnných, které jsou sdílené více funkcemi.

Program začíná deklarací a definicí proměnných, inicializací PWM modulace, dále nastavením registrů mikroprocesoru, inicializací obou modulů sériové linky a nastavením mikroprocesoru jako „Master“ sběrnice RS485, inicializací bufferu pro posílání dat a nastavením registrů přerušení například pro příjem a vysílání.

Přerušení je v oblasti komunikace často žádané a umožňuje mikroprocesoru současné zpracování více úloh, přičemž každá má jinou prioritu. Reakce mikroprocesoru je díky přerušení mnohem rychlejší. Žádost o obsluhu přerušení je nastaven příznak. Jestliže je přerušení povoleno, před zahájením programu pro obsluhu přerušení se ještě dokončí aktuálně prováděná instrukce a uloží se návratové adresy, (Vacek a Vlček 2002).

Po inicializaci a nastavení je vyslán první požadavek na data na sběrnici RS485. Funkci, který tento požadavek zprostředkovává byl předán buffer pro přenos dat, dále parametr, který určuje kolik bytů se má poslat a adresa cílového Slave zařízení. Pro zjednodušení přenosu byl zvolen počet bytů 3 a adresa má inicializační hodnotu 160.

Následuje nekonečný cyklus, a tedy hlavní řídicí smyčka zabezpečovacího systému. Nejprve je testováno, zda je na pozici 5 bufferu logická jednička, což znamená, že při přenosu dat došlo k chybě a požadavek na data je vyslán znovu na stejnou adresu. Pokud k chybě nedošlo, pak je splněna podmínka logické jedničky na pozici 4 bufferu. Tato větev obsahuje switch, který dle aktuální adresy ukládá příchozí data do příslušných proměnných. Po uložení je adresa inkrementována a je možno posílat požadavek na adresu novou. K tomu však dochází až po uplynutí nastaveného počtu cyklů. Důvodem je velmi krátká doba jednoho cyklu programu. Při posílání dat v každém cyklu by tedy došlo k zahlcení sběrnice a z hlediska zabezpečovacího systému není potřeba posílat data v rádech

milisekund či mikrosekund. Hlavní cyklus programu dále obsahuje sledování napět'ové úrovně na vstupech pro aktivaci a deaktivaci systému z webového serveru. Data na webový server jsou posílána po uplynutí poloviny z nastaveného počtu cyklů.

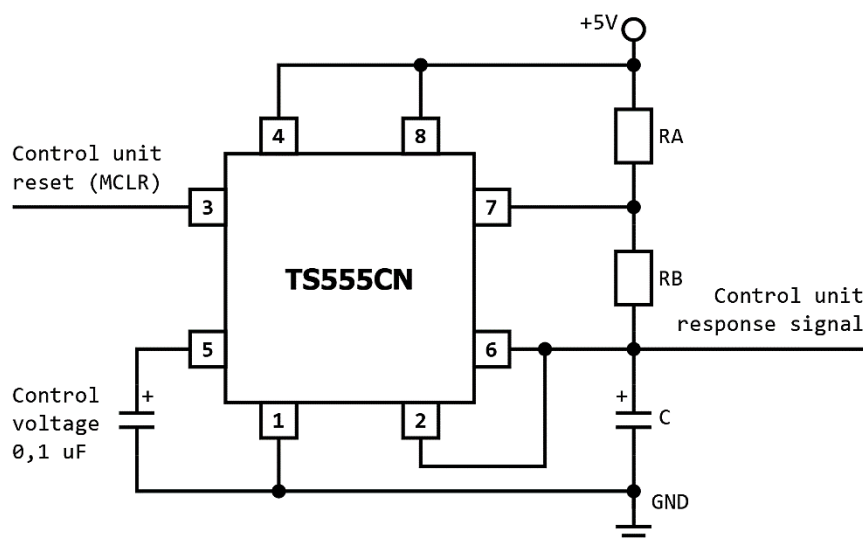
Aby byl zabezpečovací systém spolehlivý a bezpečný, je nutno softwarově ošetřit poruchové stavy. Může dojít například k výpadku jednoho sensorového modulu. V takovém případě by byl po uplynutí nastaveného počtu cyklů vyslán požadavek na data opakovaně na stejnou adresu a systém by tak zůstal zaseklý v jednom bodě. Proto je tedy vhodné přidat čítač chyb a podmínku, která se provede, dojde-li k chybě přenosu opakovaně. V tom případě je poslán požadavek na jinou adresu, ale zároveň je spuštěn alarmový stav selhání senzoru.

Hlavní smyčka obsahuje kromě obsluhy sběrnice také větev, která sleduje hodnoty měřených veličin a dle nastavených limitů vyhodnocuje alarmové stavy.

6.2.3 Externí „Watchdog“ časovač

Externí „Watchdog“ časovač (dále jen WDT) slouží k hlídání běhu řídicí jednotky a k jejímu restartování z důvodu zaseknutí.

K realizaci WDT byl zvolen časovač TS555CN v zapojení astabilního klopného obvodu.

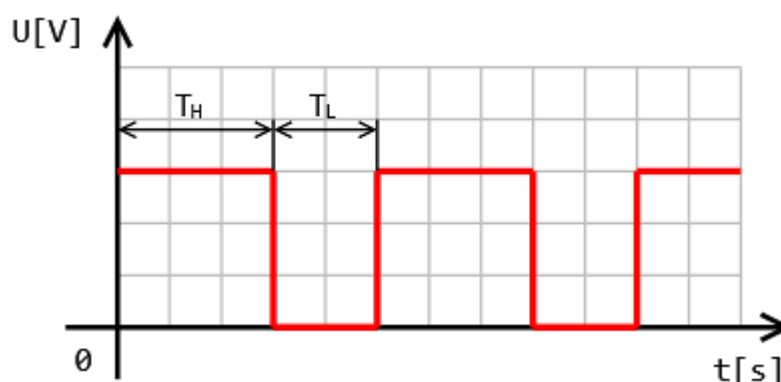


Obr. 31 Zapojení WDT jako astabilní klopný obvod, (STMicroelectronics, 2017)

Parametry časovače (STMicroelectronics, 2017):

- Vysoká maximální astabilní frekvence 2,7 MHz
- Široký napájecí rozsah 2 V až 16 V

- Velmi nízká spotřeba – 110 μA při 5 V, 90 μA při 3 V.



Obr. 32 Časový diagram

Jednotlivé parametry lze vypočítat ze vztahů (STMicroelectronics, 2017)

$$T_H = 0,693 \cdot (R_A + R_B) \cdot C \quad (6.1)$$

$$T_L = 0,693 \cdot R_B \cdot C \quad (6.2)$$

$$T = T_H + T_L \quad (6.3)$$

kde T_H je doba aktivní logické 1 na výstupu (nabíjecí čas kondenzátoru), T_L doba aktivní logické 0 na výstupu (vybíjecí čas kondenzátoru), R_A a R_B hodnoty elektrických odporů pro vybíjení a nabíjení kondenzátoru, C kapacita kondenzátoru, T celková perioda kmitání.

Pro výpočet těchto parametrů bylo nutno zvolit hodnoty odporů a kapacity kondenzátoru:

- $R_A = 12 \text{ k}\Omega$
- $R_B = 680 \Omega$
- $C = 10 \mu\text{F}$.

Po dosazení do vztahu (6.1) bylo zjištěno, že doba nabíjení kondenzátoru, a tedy aktivní logické 1 na výstupu časovače T_H je 88 ms. Jelikož je výstup časovače přímo spojen s resetovacím vstupem mikroprocesoru řídicí jednotky, po uplynutí 88 ms je v případě zaseknutí řídicí jednotky tento vstup stažen na nízkou úroveň. Princip tedy spočívá v tom, že řídicí jednotka v pravidelných intervalech vysílá impulzy k aktivaci časovače, čímž dochází ke znovu spouštění časovače a k udržování kondenzátoru ve vybitém stavu. Na výstupu je tedy stále úroveň logické 1. Jestliže dojde k zaseknutí řídicí jednotky, nedojde k vyslání impulzu a časovač stihne svůj výstup přepnout na nízkou

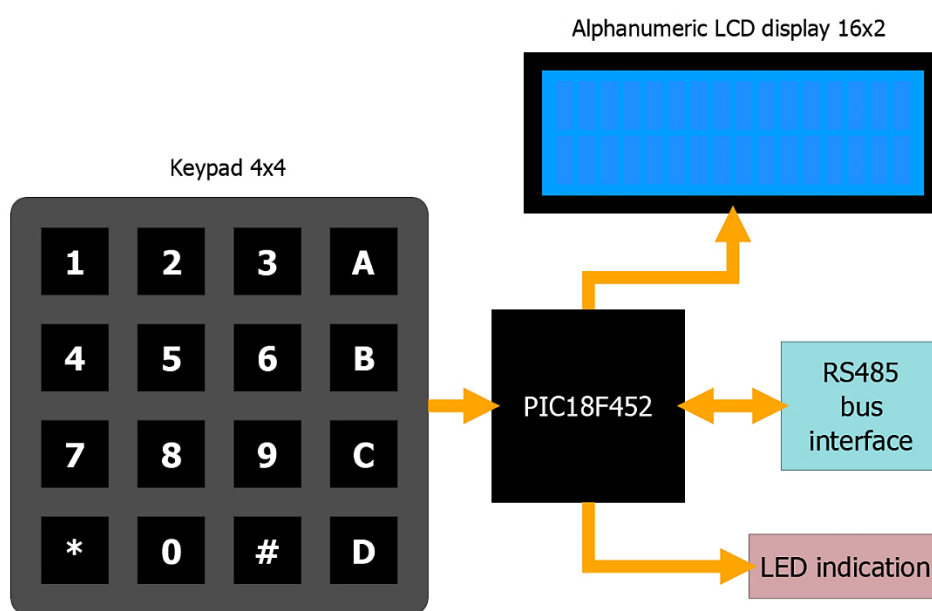
úroveň a k restartování řídicí jednotky dojde při zpětném přepnutí na vysokou úroveň (náběžné hraně). Celkový čas restartu řídicí jednotky lze tedy považovat jako jednu periodu časovače, která lze vypočítat ze vztahu (6.3). K tomu je však nutné ještě vypočítat pomocí vztahu (6.2) délku resetovacího impulsu T_L , což je 5 ms. Celková doba restartování řídicí jednotky T je tedy 93 ms.

```
...
WDT++;
if(WDT == 500){ // reset extern WDT every 500 cycle
    PORTB.B5 = 0; // set RB5 low
    TRISB.B5 = 0; // set RB5 output
    delay_ms(5); // 5 ms impulse
    TRISB.B5 = 1; // set RB5 input
    WDT = 0;     // clear WDT counter
}
...
```

Obr. 33 Reset externího hlídače každých 500 cyklů

6.3 Ovládací panel

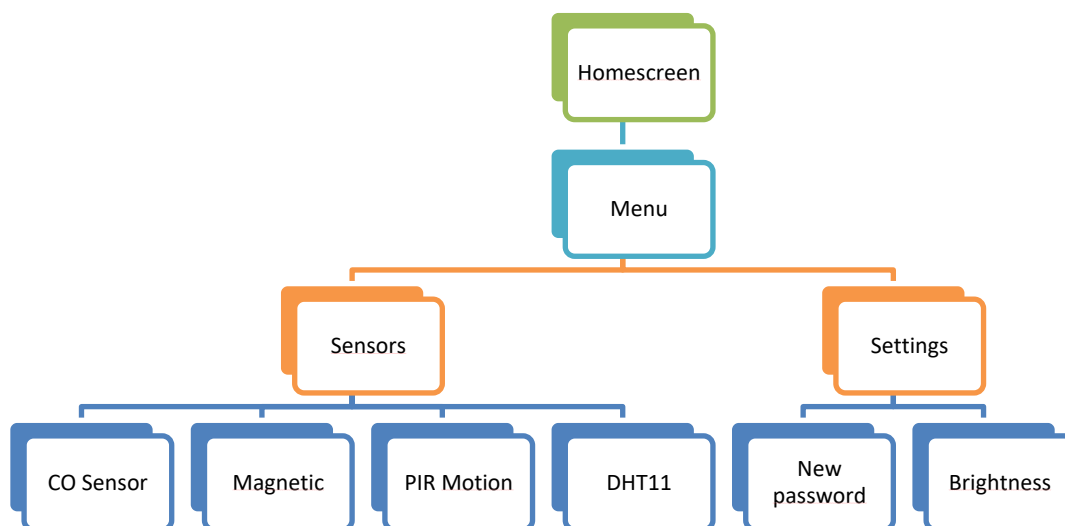
Jako procesor ovládacího panelu byl zvolen PIC18F452. Úkolem ovládacího panelu je zprostředkovat rozhraní pro komunikaci s uživatelem pomocí LCD a klávesnice. Uživatel tak může s využitím rozhraní sledovat nejen měřené veličiny systému, ale také zabezpečovací systém aktivovat a deaktivovat. Mezi další funkce ovládacího panelu patří možnost zvýšení či snížení intenzity podsvícení LCD a také změny hesla.



Obr. 34 Zjednodušené blokové schéma ovládacího panelu

K seznámení s implementací LCD displeje k mikroprocesoru PIC byl využit návod dle George (2011).

Uživatelské rozhraní, které je zobrazováno na LCD a ovládáno pomocí klávesnice je rozděleno na jednotlivé sekce připomínající stromovou strukturu.



Obr. 35 Struktura uživatelského rozhraní

Po zapnutí systému se objeví na LCD úvodní obrazovka, která odkazuje na další možnosti interakce se systémem. Pro otevření menu je nutno zmáčknout na klávesnici hvězdičku. Menu obsahuje položky, které odkazují na data ze senzorů a do nastavení zabezpečovacího systému. Pro přístup do nastavení je nutno kurzorem, který je posouván pomocí kláves „2“ a „8“, najet na příslušnou položku a potvrdit vstup hvězdičkou. Pro přístup do nastavení je nutno zadat přístupové heslo. Jakmile je heslo zadáno správně, objeví se položky nastavení, které umožňují nastavit heslo nové nebo intenzitu podsvícení LCD.

Každá sekce uživatelského rozhraní představuje proceduru, kterou lze rozdělit do pěti částí. První částí je deklarace proměnných. Druhá část stanovuje rozsah nebo počet řádků aktuální sekce. Třetí část překresluje LCD v případě, že došlo k prvotnímu přechodu do sekce nebo například ke změně pozice kurzoru. Čtvrtá část funkce zachycuje odezvu uživatele v podobě stisknutí určitého znaku klávesnice, který ukládá do proměnné pro tento účel a přiřazuje mu konkrétní číselnou hodnotu znaku dle ASCII tabulky. V poslední páté části dochází k reakci na tuto odezvu.

```

/* 1 ... declaration */
char key = 0;
char menuArray[][9] = { "Sensors", "Settings" };
/* 2 ... setting range of rows */
if(row > menuRows) row = menuRows;
if(row < 1) row = 1;
/* 3 ... printing rows on LCD */
if(once){
    LCD_CMD(_LCD_CLEAR);
    LCD_CHR(cursor,1,'>');
    LCD_OUT(1,2,menuArray[row-1]);
    if(row < menuRows) LCD_OUT(2,2,menuArray[row]);
    once = FALSE;
}
/* 4 ... waiting for user response from keypad */
key = Keypad_Key_Click();
key = keyDefine(key);
if(key == '8' || key == '2' || key == '#' || key == '*') once = TRUE;
/* 5 ... reaction on response */
switch(key){
    case '8':    row++; break;
    case '2':    row--; break;
    case '#':    section = 0; break;
    case '*':    switch(row){
                    case 1:    section = 2; oldRow = row; row = 1; break;
                    case 2:    oldRow = row; section = 7; break;
                }break;
}

```

Obr. 36 Ukázka realizace sekce pro menu

Nastavení podsvícení LCD je realizováno s využitím pulzně šířkové modulace PWM. Střída (duty cycle) může nabývat hodnot 0 až 255. Pro nastavení podsvícení byl zvolen rozsah od 0 do 250. Ten byl rozdělen na 10 úrovní po 25, přičemž na LCD je zobrazováno procentuální vyjádření nastavovaných hodnot. Intenzitu lze měnit klávesami „2“ a „8“. K nastavení intenzity podsvícení slouží ve vývojovém prostředí MikroC funkce „PWM_Set_Duty()“.

```

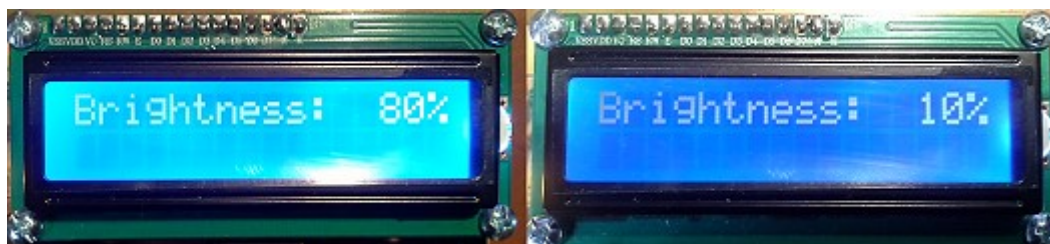
key = Keypad_Key_Click();
key = keyDefine(key);
switch(key){
    case '2':    if(br<=225){ br+=25; percent+=10; } // Range of PWM 0 - 250
                break;                               // 10 levels after 25
    case '8':    if(br>=25){ br-=25; percent-=10; }
                break;
}

...

PWM1_Set_Duty(br);

```

Obr. 37 Nastavování intenzity podsvícení



Obr. 38 Ukázka nastavení intenzity podsvícení

Pro změnu přístupového hesla do systému byla vytvořena funkce, která ukládá příchozí zadané číselné hodnoty do pole. Jakmile pole obsahuje čtyři hodnoty, přidá se na konec pole zakončovací nula, aby byl řetězec kompletní a následně je využita řetězcová funkce „strcpy()“, která aktuální heslo ve formě řetězce překopíruje zadaným heslem. Poté se nastaví proměnná, která indikuje změnu hesla, na hodnotu TRUE. To způsobí platnost podmínky v hlavním cyklu programu a odeslání nového hesla do řídicí jednotky, která si nové heslo uloží do paměti EEPROM.

```

////// PASSWORD CHANGE PROCEDURE ////////////////////////////////////////
void newPassword()
{
    unsigned short key=0;

    if(once){
        LCD_CMD(_LCD_CLEAR);
        LCD_OUT(1,1,"New password:");
        once = FALSE;
    }
    key = Keypad_Key_Click();
    key = keyDefine(key);
    if((key>='0')&&(key<='9')){
        entPasswd[index]=key;
        Lcd_Chr(2, index+1, '*');
        ++index;
    }else if(key == '#'){
        once = TRUE;
        section = 1;
        index = 0;
    }
    if(index == passLength-1){
        entPasswd[index]='\0';
        strcpy(actPasswd,entPasswd); // actual passwd recopied by new
        section = 3;
        index = 0;
        ONCE = TRUE;
        passwdChange = TRUE; // if TRUE -> send to control unit
    }
}

```

Obr. 39 Procedura pro nastavení nového hesla pro přístup do systému

K aktivaci zabezpečovacího systému v módu plného zabezpečení dojde při stisku klávesy „A“, což lze pouze nacházíme-li se v sekci úvodní obrazovky. Následně se spustí čekací smyčka s nastaveným časem. Na obrazovce se objeví odpočet a uživatel tedy musí hlídáný objekt do uplynutí tohoto času opustit. Systém je od této chvíle zakódován. Funkce, která zajišťuje zabezpečení, hlídá alarmové stavy a také vstup klávesnice. K dekodovací proceduře dojde v případě aktivace pohybového snímače, který má pod dohledem dekodovací panel. K okamžitému spuštění alarmu dojde například při překročení limitní hodnoty plynu či oxidu uhelnatého.

```
...
key = Keypad_Key_Click();
key = keyDefine(key);
// DECODE PROCEDURE ON CLICK (DECODING PANEL IS OUT OF RANGE ALL SENSORS)
if(key){ once = TRUE; decode(); }
// WATCHING SENSOR VALUES
if(CO[1]>=(6+48)) porta.f0 = 1; //CO ALARM
else if(PIR == 1){ once = TRUE; decode(); } //PIR ALARM
else porta.f0 = 0;
...
```

Obr. 40 Aktivace alarmů a spuštění procedury pro dekodování systému

```
...
key = Keypad_Key_Click();
key = keyDefine(key);
if((key>='0')&&(key<='9')&&(index <= passLength-2)){
    LCD_CHR(2,5+index+1,'*');
    entPasswd[index] = key;
    index++;
}
if((key == '*') && (index == passLength-1)){
    index = 0;
    entPasswd[passLength-1] = '\0'; //string terminating zero
    res = strcmp(entPasswd,actPasswd); //PASSWORD COMPARISON
    if(res == 0){ active = 0; once = TRUE; porta.f0 = 0; break; }
    else porta.f0 = 1; //BAD PASSWORD -> ALARM
}
if(key == '#'){
    index = 0;
    once = TRUE;
    LCD_CMD(_LCD_CLEAR);
    LCD_OUT(1,1,"Time to Active:");
    LCD_CHR(2,1,((i/1000)/10)+48); //print of remaining time
    LCD_CHR(2,2,((i/1000)%10)+48);
}
...
```

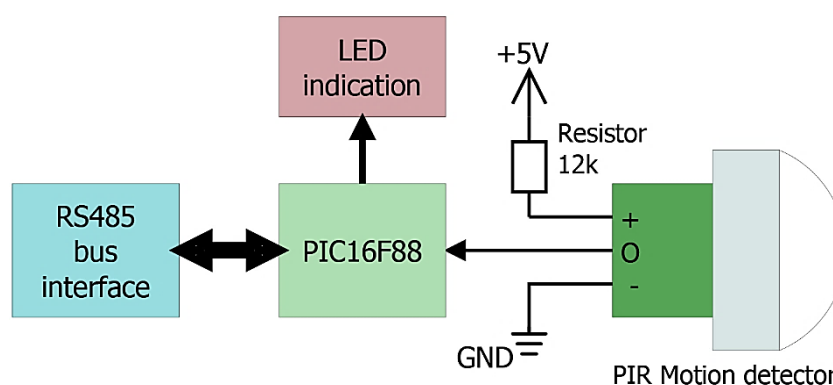
Obr. 41 Procedura pro dekodování zabezpečovacího systému

Dekódovací procedura zahrnuje časový odpočet, během kterého uživatel musí zadat dekódovací heslo a potvrdit jej hvězdičkou. Jestliže uživatel zadá špatné heslo a potvrdí ho, dojde ke spuštění alarmu. Pokud zadá heslo špatně, ale uvědomí si svou chybu před jeho potvrzením, lze zadaný řetězec anulovat bez spuštění alarmu stisknutím mřížky a zadat heslo znovu.

Kompletní schéma zapojení ovládacího panelu a návrh desky plošných spojů se nachází v příloze. Soubory se zdrojovými kódy programu lze najít na příloženém CD.

6.4 Modul s detektorem pohybu

Pro modul s detektorem pohybu PIR byl zvolen jednočipový mikropočítač typu PIC16F88. Je vybaven rozhraním USART a je možno jej tedy v této aplikaci použít pro připojení k průmyslové sběrnici RS485.



Obr. 42 Zjednodušené schéma zapojení PIR detektoru

```
while(1){
    if(PORTB.F4 == 1){ // PIR is active
        PORTB.F3 = 1; // LED indication
        source = 1;   // state of PIR
    }else{ PORTB.F3 = 0; source = 0; }

    if (dat[5]){ // if an error detected, signal it by
        dat[5] = 0;
    }

    if (dat[4]){ // upon completed valid message receive
        dat[4] = 0; // data[4] is set to 0xFF
        dat[0] = source; // 0 when active, 1 when inactive
        dat[1] = 0;
        dat[2] = 0;
        RS485Slave_Send(dat,3); // send 3 bytes of data
    }
}
```

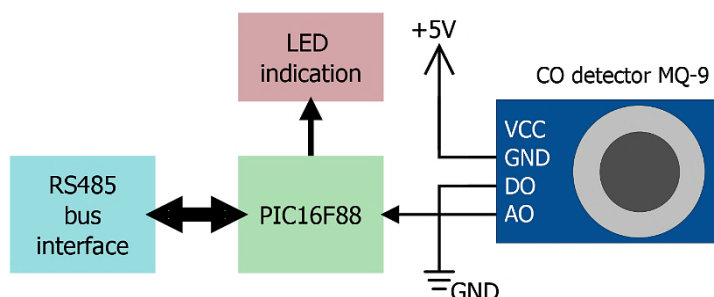
Obr. 43 Ukázka hlavní smyčky programu

Mikroprocesor čte stavy logické 1 a 0 na výstupu senzoru PIR a tyto stavy jsou indikovány pomocí LED diody. K odeslání aktuálního stavu dochází po přijetí požadavku od hlavního řídicího modulu na sběrnici, Obr. 43.

Kompletní schéma zapojení, návrh desky plošných spojů se nachází v příloze a zdrojové kódy programu na přiloženém CD.

6.5 Modul s detektorem hořlavých plynů a CO

Pro tento modul byl zvolen také mikroprocesor PIC16F88.



Obr. 44 Zjednodušené schéma zapojení detektoru oxidu uhelnatého

Jelikož je výstup snímače analogový, je nutné jej připojit na kanál mikroprocesoru, který umožňuje A/D konverzi. Výsledkem konverze je číselný údaj, který ovšem nepředstavuje reálnou koncentraci plynu, (Nomaan a Rahman, 2017).

Jelikož číslo dosahuje hodnot větších než 255 (1 byte), je nutné jej rozdělit na desítky, stovky a tisíce.

```
while(1){
    source=ADC_Read(1);
    if (dat[5]){                                     // if an error detected, signal it by
        dat[5] = 0;
    }

    if (dat[4]){                                     // upon completed valid message receive
        dat[4] = 0;                                  // data[4] is set to 0xFF
        dat[0] = (source/1000)+48;                  // thousands
        dat[1] = ((source/100) % 10)+48;            // hundreds
        dat[2] = ((source/10) % 10)+48;             // decades
        RS485Slave_Send(dat,3);                    // send 3 bytes of data
    }
}
```

Obr. 45 Ukázka hlavní smyčky programu

Bylo tedy zvoleno vzorkování v řádu desítek, což je v tomto případě dostačující. Mikroprocesor tedy provádí A/D konverzi a v případě požadavku na odeslání dat od

hlavního řídicího modulu na sběrnici odešle 3 byty, kdy první představuje cifru jednotek, druhý představuje cifru desítek a třetí představuje cifru tisíců.

Mikroprocesor PIC16F88 je vybaven A/D převodníkem, který je schopen převést vstupní analogový signál na číslo o velikosti 10 bitů. Maximální hodnota čísla v dekadickém vyjádření je tedy 1023, (Microchip Technology, 1998).

Výstupní číselný údaj A/D převodu tedy nelze považovat za přesnou koncentraci plynu, ale za jakousi pomyslnou hodnotu, která ovšem stačí pro účel jednoduché detekce v rámci zabezpečovacího systému. Přesné určení koncentrace plynu vyžaduje přesnější a nákladnější snímače, (Seeed Wiki, 2008).

Výstupní údaj A/D převodu lze vypočítat ze vztahu

$$X_{[-]} = (1023 \cdot U_V)/5 \quad (6.4)$$

kde $X_{[-]}$ je pomyslná koncentrace a $U_V [V]$ je výstupní hodnota napětí snímače.

V rámci testování snímače byl využit návod na určení přibližné koncentrace plynu, kdy bylo s využitím desky Arduino nejprve v prostředí čistého vzduchu měřeno napětí a počítán odpor snímače R_0 v jednotkách 1000 ppm, což je obecná jednotka představující počet částic na jeden milión. Následně byl snímač testován v prostředí unikajícího plynu, konkrétně butanu, který je obsažen v LPG. Opět bylo měřeno napětí a odpor snímače R_s , který byl dán do poměru s předem určeným odporem R_0 . Dle tohoto poměru pak lze přibližně určit koncentrace v jednotkách ppm pomocí grafu na Obr. 46, (Seeed Wiki, 2008).

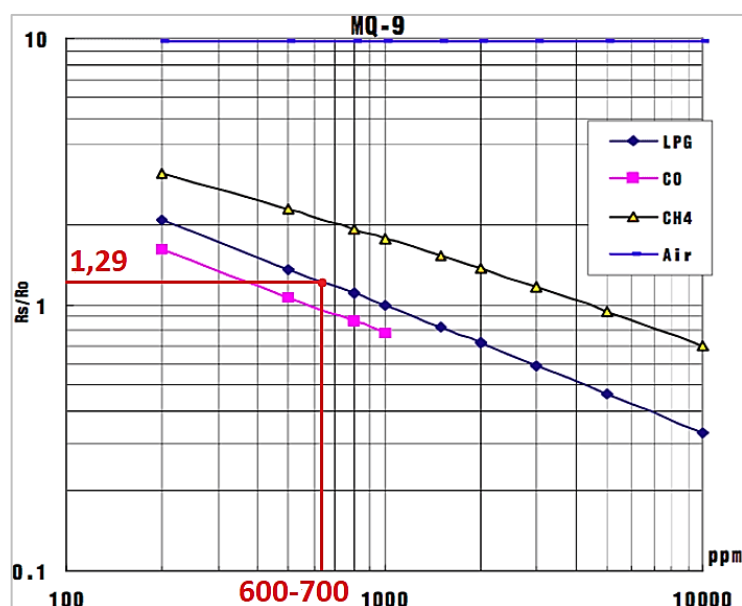
Při měření unikajícího butanu byla naměřena největší hodnota napětí jako 3,22 V a poměr odporů byl 1,29. Tato hodnota z grafu na Obr. 46 odpovídá přibližně rozsahu 600–700 ppm.

Výsledek je však pouze orientační, jelikož měření je závislé také na aktuální teplotě a vlhkosti, (Seeed Wiki, 2008).

Pro přepočet koncentrace ppm na koncentraci ve srozumitelnější podobě (mg/m^3) lze využít vztah, (Nodus Ecology, 2012)

$$Y_{[\text{mg}/\text{m}^3]} = X_{[\text{ppm}]} \cdot (M/24,45) \quad (6.5)$$

kde Y je výsledná koncentrace v mg/m^3 , X je koncentrace v jednotkách ppm a M je molární hmotnost prvku (molární hmotnost Butanu je 58,123 g/mol)

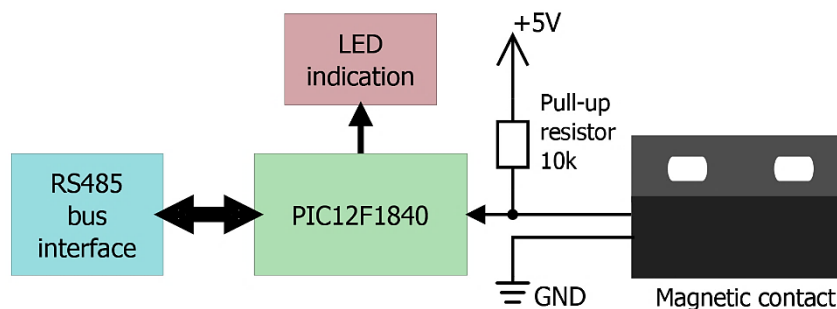


Obr. 46 Graf pro stanovení přibližné koncentrace plynu, (Seed Wiki, 2008)

Schéma zapojení, návrh desky plošných spojů a zdrojový kód programu se nachází v příloze a na CD.

6.6 Modul detekce neoprávněného vstupu

Tento modul je navržen na bázi miniaturního mikroprocesoru PIC12F1840. Jako prvek pro detekci neoprávněného vstupu byl zvolen magnetický kontakt.



Obr. 47 Zjednodušené schéma zapojení modulu na bázi magnetického kontaktu

Tento modul slouží v rámci zabezpečovacího systému jako hlídač oken nebo dveří. Princip spočívá v tom, že na okenní či dveřní rám se namontuje jazýčkový kontakt a na opačnou pohyblivou část je namontován magnet, který v zavřeném stavu těsně přiléhá k jazýčkovému kontaktu a svou magnetickou silou udržuje kontakt v sepnutém stavu. Jakmile jsou dveře či okno otevřeny, jazýčkový kontakt se rozepte a elektrický obvod je přerušen, což hlídá logický vstup mikroprocesoru. Aby byl vstup v případě rozeptnutí obvodu (otevření) schopen změnu registrovat, je nutno tento vstup opatřit „pull-up“

rezistorem, což zajistí na tomto vstupu napětí odpovídající logické 1. Mikroprocesor tedy sleduje pouze napěťové úrovně na tomto vstupu a podle toho posílá data řídicí jednotce.

Mikroprocesor PIC12F1840 je kompaktní a z hlediska zabezpečovacího systému je nejmenší. Má pouze 8 pinů, nicméně funkcemi se vyrovná i mnohem větším mikroprocesorům. Z toho však plyne složitější konfigurace. Obsahuje rozhraní sériové linky a lze tedy pro tuto aplikaci použít za předpokladu nastavení interního zdroje taktovacího signálu. Ke konfiguraci oscilátoru slouží osmibitový registr OSCCON. Dalším důležitým registrem je osmibitový APFCON, který umožňuje na jednotlivých pinech měnit funkce.

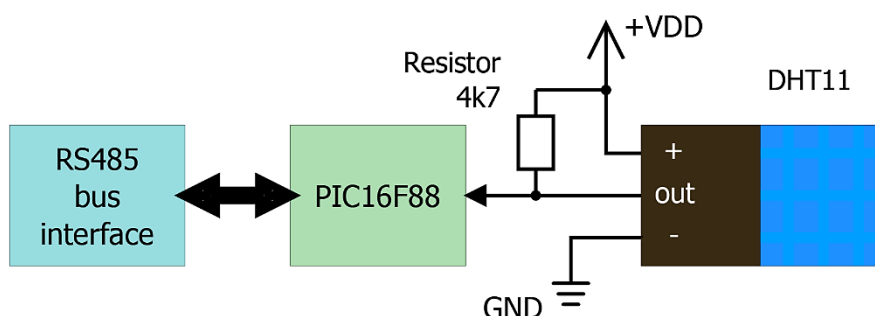
```
OSCCON = 0b01110011; // 7 - 4xPLL, 6 to 3 - 8MHz, 0, 1 to 0 - int. osc.
APFCON = 0b00000000; // all default
ANSELA = 0b00000000; // all analog channels off
TRISA.F4 = 0; // LED output
TRISA.F5 = 1; // Magnetic contact input
C1ON_bit = 0; // comparator off
```

Obr. 48 Konfigurace registrů mikroprocesoru PIC12F1840

Schéma zapojení, návrh desky plošných spojů a zdrojový kód programu se nachází v příloze a na CD.

6.7 Modul s měřením teploty a vlhkosti

Jelikož je snahou vytvořit inteligentní zabezpečovací systém, který může mít uplatnění i v domácnostech, nemusí být měřeny a hlídány pouze stavy související se zabezpečením. Příkladem může být měření pokojové teploty a vlhkosti.



Obr. 49 Zjednodušené schéma zapojení senzoru DHT11

Pro aplikaci byl zvolen senzor DHT11, který měří vlhkost a teplotu zároveň. Jedná se o senzor se speciálním protokolem, který využívá jeden datový vodič. Senzor obsahuje NTC prvek, což je negativní termistor a dále obsahuje kapacitní prvek měřící vlhkost. Komunikační protokol obstarává 8-bitový mikroprocesor, který je v senzoru obsažen.

V rámci komunikačního procesu DHT11 s MCU je posláno 40 bitů dat. Jsou zde uloženy vlhkoměrná data a jejich celočíselná část (8 bitů) a desetinná část (8 bitů), teplotní data a jejich celočíselná část (8 bitů) a desetinná část (8 bitů). V posledních 8 bitech je uložen kontrolní součet, který musí být roven 255. Senzor DHT11 sice posílá bity určené pro ukládání hodnot desetinných míst, avšak obsahem jsou nulové hodnoty. Vyšší verze DHT22 již tuto možnost obsahuje, viz (UUGear, 2014).

Pro zahájení komunikace pošle MCU senzoru logickou 0 a ten detekuje signál do 18 ms. Jelikož se jedná o přenos dat v obou směrech po jedné datové lince, je nutné směr přenosu dat řídit, a tedy nejprve daný port mikroprocesoru nastavit jako výstupní. Následně MCU posílá logickou 1 po dobu v rozmezí od 20 do 40 ms a čeká na odpověď senzoru. Nyní je tedy nutné nastavit port jako vstupní, (UUGear, 2014).

```
void ZahajeniKomunikace(){
    TRISB.F1 = 0;    // Nastavení portu RB1 jako výstupní
    PORTB.F1 = 0;    // RB1 posílá log. 0 DHT11 pro zahájení komunikace
    delay_ms(18);    // DHT11 detekuje příchozí signál do 18 ms
    PORTB.F1 = 1;    // RB1 posílá log. 1 DHT11 a čeká na odezvu
    delay_us(30);    // v rozmezí 20 - 40 us, poté je nastaven port
    TRISB.F1 = 1;    // RB1 jako vstup, aby MCU detekoval odpověď DHT11
}
```

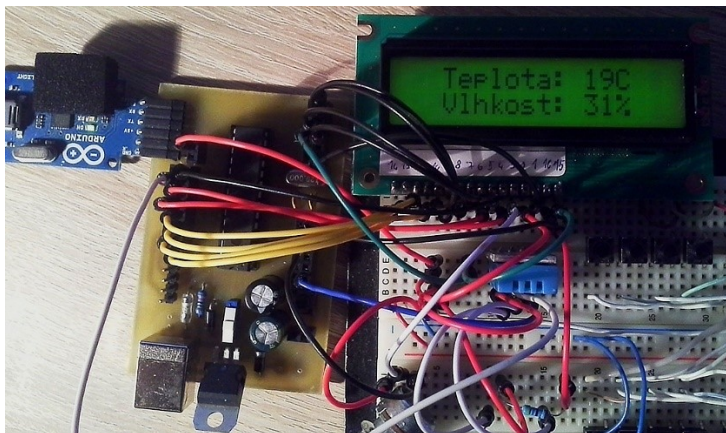
Obr. 50 Ukázka funkce pro zahájení komunikace

Následně senzor stáhne datový vodič na úroveň logické 0 po dobu 80 μ s a poté zvýší na logickou 1 po dobu 80 μ s a připraví se na posílání dat. Začátek přenosu každého bitu je na úrovni logické 0 a trvá 50 μ s a konec je na úrovni logické 1. Doba trvání této úrovně se odvíjí od toho, zda je posílán datový bit 0 nebo 1. Datový bit 0 je posílán po dobu 26-28 μ s a datový bit 1 po dobu 70 μ s, (UUGear, 2014).

```
char CteniDat(){    // Funkce načítá a vrací vždy 8 bitů
    char i, j;
    for(j = 0; j < 8; j++){
        while(!PORTB.F1); // Čekání na změnu RB1 na log. 1 - cca 50 us
        delay_us(30);    // Datový bit 0 je v log. 1 26 - 28 us. Je nutno
                        // se dotazovat na stav až po uplynutí této doby.
        if(PORTB.F1 == 0) i |= ~(1 << (7 - j)); //Nulování bitu
        else {          // Datový bit 1 je ve stavu log. 1 po dobu 70 us
            i |= (1 << (7 - j)); //Nastavení bitu
            while(PORTB.F1); // Čekání na změnu RB1 na log. 0, resp. do
                        // uplynutí zmíněných 70 us
        }
    }
    return i;
}
```

Obr. 51 Ukázka funkce pro čtení dat

Pro ověření funkčnosti zapojení byl modul připojen k mikroprocesoru PIC16F873A a měřená data byla zobrazována na LCD displeji.



Obr. 52 Testování funkčnosti zapojení a senzoru DHT11

Zdrojový kód byl následně upraven pro využití v zabezpečovacím systému tak, že čtení dat ze senzoru probíhá přibližně každé 3 sekundy a měřená data jsou posílána ve 3 bytech.

Kompletní zdrojový kód a schémata zapojení s návrhem desky plošných spojů se nachází v příloze a na CD.

```
while(1)
{
    cnt++;
    if(cnt==170){ // přibližně 3 sekundy
        cnt=0;
        ZahajeniKomunikace();
        OdezvaSenzoru();
        if(Odezva == 1){
            RHb1 = CteniDat(); // 8 bitů pro celá čísla dat vlhkosti
            RHb2 = CteniDat(); // 8 bitů pro desetinná čísla dat vlhkosti
            Tb1 = CteniDat(); // 8 bitů pro celá čísla dat teploty
            Tb2 = CteniDat(); // 8 bitů pro desetinná čísla dat teploty
            Sum = CteniDat(); // 8 bitů pro kontrolní součet
            if(Sum == ((RHb1+RHb2+Tb1+Tb2) & 0xFF)){ // součet musí být 255
                Teplota = Tb1; // DHT11 posílá celočíselnou část a desetinná
                Vlhkost = RHb1; // čísla ponechává rovny 0
            }
        }
    }
    if (dat[5]) dat[5] = 0; // chyba přenosu zprávy
    if (dat[4]){ // zpráva přijata v pořádku
        dat[4] = 0;
        dat[0] = Teplota;
        dat[1] = Vlhkost;
        dat[2] = 0;
        RS485Slave_Send(dat,3); // posílání dat o velikosti 3 byte
    }
}
```

Obr. 53 Ukázka hlavní smyčky programu

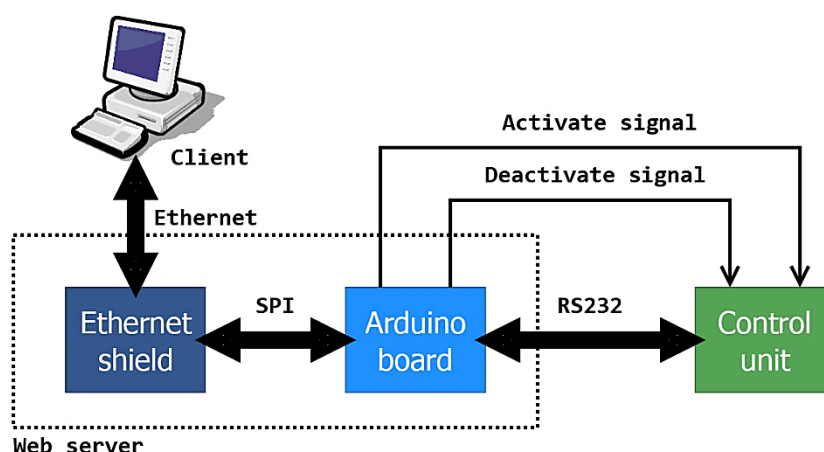
7 Návrh rozhraní pro realizaci webového serveru

Moderní zabezpečovací systém by měl umožnit uživateli sledovat data s využitím mobilních zařízení, případně systém ovládat vzdáleně. K tomu lze využít například připojení zabezpečovacího systému do sítě LAN. Uživatel by tak mohl mít přehled o dění zabezpečovacího systému mimo hlídany objekt za předpokladu zřízeného VPN připojení.

Pro sledování měřených veličin a stavů je nutno vytvořit webový server. K jeho vytvoření je možné využít ethernet nástavbu pro vývojové desky Arduino. Tato nástavba s vývojovou deskou komunikuje pomocí SPI rozhraní.

Cílem webového serveru je tedy vizualizace dat zabezpečovacího systému, které představují například data ze senzorů či alarmové stavy. V rámci vzdáleného ovládání bude cílem systém buď aktivovat nebo deaktivovat po zadání hesla.

Pro vytvoření webového serveru prostřednictvím ethernet modulu je využita vývojová deska Arduino UNO. Ta přijímá data o zabezpečovacím systému z hlavního Master mikroprocesoru řídící jednotky a poskytuje je dále s využitím vytvořeného webového serveru připojenému klientovi. Ke komunikaci řídící jednotky systému s vývojovou deskou Arduino byla navržena sériová linka RS232. K aktivaci a deaktivaci zabezpečovacího systému jsou vedeny signály, které představují logické úrovně 1 a 0. Tyto příkazy by však mohly být posílány i pomocí sériové linky.



Obr. 54 Blokové schéma realizace webového serveru

V následujících podkapitolách budou popsána použitá zařízení, dále bude popsán princip tvorby webového serveru s využitím technologie AJAX, také budou rozebrány další použité technologie a závěrečná podkapitola shrne výslednou webovou aplikaci po stránce vizuální.

7.1 Popis hardwaru a zapojení

Tato kapitola se zabývá popisem hardwaru pro realizaci webového serveru. K tomu byla zvolena vývojová deska Arduino UNO v kombinaci s ethernet nástavbou pro tuto desku.

Arduino UNO je vývojová deska od stejnojmenné firmy, která pracuje na bázi mikroprocesoru Atmel s označením ATmega328.

Technické parametry, (Arduino, 2017):

- 14 digitálních vstupně/výstupních pinů
- 6 PWM výstupů
- 6 analogových vstupů
- Paměť programu typu FLASH o velikosti 32 KB
- Paměť dat 2 KB SRAM a 1 KB EEPROM
- Taktovací frekvence 16 MHz.

Popis vývojového prostředí a programování desek Arduino se nachází v kapitole 4.

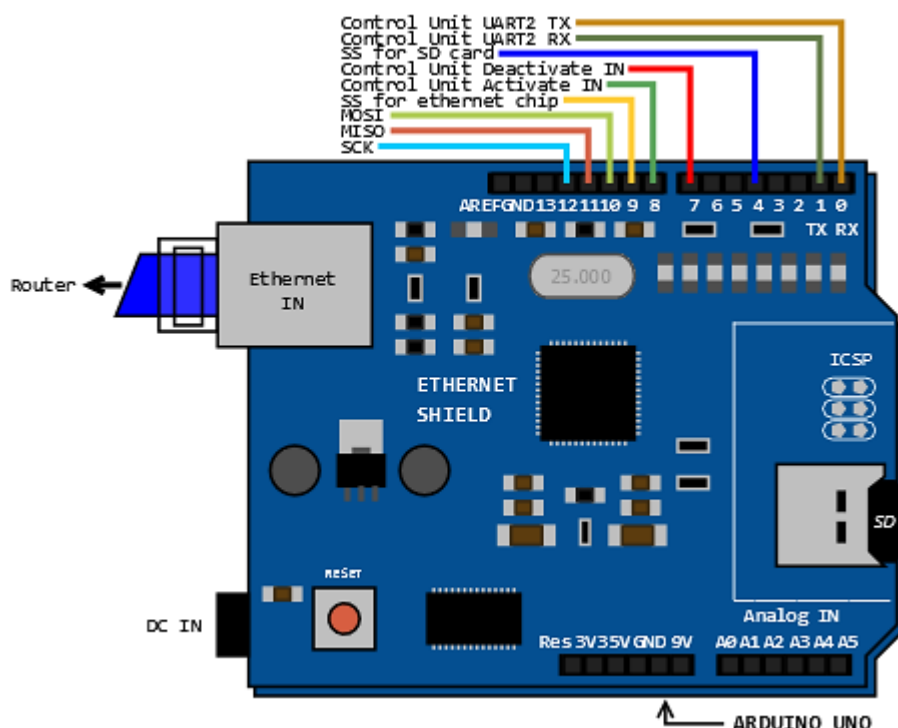
Dalším zařízením je Arduino ethernet shield, což je ethernet nástavba pro vývojovou desku UNO. Jedná se o modul, který se na vývojovou desku nasadí. Obsahuje konektor RJ45 pro připojení do sítě a také kapsu pro vložení SD karty.

Ethernet shield využívá pouze digitální piny 10, 11, 12, 13 pro komunikaci prostřednictvím SPI rozhraní a pin 4 je využíván SD kartou, ostatní piny jen prodlužuje, (Arduino, 2017).

Popis použitých pinů:

- Pin 0 (Rx) – sériová linka – příjem dat z řídicí jednotky zabezpečovacího systému
- Pin 1 (Tx) – sériová linka – vysílání
- Pin 7 – výstupní signál pro deaktivaci, je vstupem do řídicí jednotky zabezpečovacího systému
- Pin 8 – výstupní signál pro aktivaci, je vstupem do řídicí jednotky zabezpečovacího systému
- Pin 10 – SPI slave select
- Pin 11 – SPI MOSI

- Pin 12 – SPI MISO
- Pin 13 – SPI SCK.



Obr. 55 Arduino UNO s ethernet nástavbou a popis použitých datových I/O

7.2 Realizace webového serveru

Realizace webového serveru spočívá ve vytvoření programu pro vývojovou desku Arduino UNO a dále ve vytvoření webové stránky, kterou je nutno nahrát na SD kartu ethernet modulu. K vytvoření webového serveru byly zvoleny technologie HTML5, CSS a AJAX.

AJAX (Asynchronní JavaScript a XML) je technologie, která umožňuje zobrazovat data webového serveru na webové stránce bez nutnosti aktualizace celé stránky ve webovém prohlížeči. Využívá kombinaci vestavěného objektu „XMLHttpRequest“ webového prohlížeče na vyžádání dat z webového serveru, JavaScriptu a HTML DOM, (W3Schools, 2017).

K vytvoření webové stránky byl využit značkovací jazyk ve verzi HTML5 a její vzhled byl upraven technologií CSS.

Nyní se dostáváme k samotné tvorbě programu pro vývojovou desku UNO. Program využívá výrobcem vytvořené knihovny pro komunikaci pomocí rozhraní SPI a Ethernet a také knihovnu pro práci se soubory na SD kartě.

Nejprve je nutno definovat buffer pro http dotazy a stanovit jeho velikost, dále deklarovat a definovat MAC adresu použitého síťového zařízení, stanovit IP adresu webového serveru v rámci sítě LAN, nastavit port serveru a vytvořit soubor pro práci s webovou stránkou uloženou na SD kartě. Následuje deklarace ostatních proměnných, (Starting Electronics, 2012).

Program začíná funkcí „setup()“, která obsahuje nejprve inicializaci SD karty. Předtím je nutno vypnout komunikaci s ethernet čipem nastavením digitálního výstupu 10 na hodnotu HIGH, tedy logické jedničky. Dalším krokem je funkce „begin()“ třídy „Ethernet“ pro inicializaci ethernet zařízení, jejíž parametry tvoří MAC adresa a IP adresa. Následně je možné začít s posloucháním příchozích spojení funkcí „begin()“ tentokrát třídy „Server“, (Starting Electronics, 2012).

```
void setup()
{
    pinMode(10, OUTPUT);
    digitalWrite(10, HIGH);

    Serial.begin(9600);

    Serial.println("Initializing SD card...");
    if (!SD.begin(4)) {
        Serial.println("ERROR - SD card initialization failed!");
        return;
    }
    Serial.println("SUCCESS - SD card initialized.");
    if (!SD.exists("index.htm")) {
        Serial.println("ERROR - Can't find index.htm file!");
        return;
    }
    Serial.println("SUCCESS - Found index.htm file.");

    Ethernet.begin(mac, ip); // initialize Ethernet device
    server.begin();          // start to listen for clients
}
```

Obr. 56 Počáteční funkce programu pro založení webového serveru, (Starting Electronics, 2012)

Následuje nekonečná smyčka programu. Nejprve je zde vytvořen klient jako objekt, kterému je přiřazována návratová hodnota funkce „available()“ třídy „Server“. V případě připojení klienta tato funkce vrací objekt s daty. Nemá-li klient k dispozici data pro čtení, funkce vrací hodnotu FALSE. Následný průběh programu spočívá v čtení http bufferu s dotazy a testování, zda buffer obsahuje dotaz na data. Jestliže ano, vyšle se pouze soubor XML s daty. V opačném případě je vyslán veškerý obsah souboru na SD kartě, (Starting Electronics, 2012).

```
if (StrContains(HTTP_req, "ajax_data")) {  
    ...  
    setState();  
    XML_response(client);  
}  
else {  
    ...  
    htmFile = SD.open("index.htm");  
    if (htmFile) {  
        while(htmFile.available())  
            client.write(htmFile.read());  
        htmFile.close();  
    }  
}
```

Obr. 57 Posílání dat v návaznosti na AJAX dotaz, či zasílání celé webové stránky, (Starting Electronics, 2012)

```
cl.print("<?xml version = \"1.0\" ?>");  
cl.print("<inputs>");  
for (count = 1; count <= 5; count++) {  
    switch(count)  
    {  
        case 1: val = TEMP; //TEMP  
                break;  
        case 2: val = RH; //RH  
                break;  
        ...  
    }  
    cl.print("<values>");  
    cl.print(val);  
    cl.print("</values>");  
}  
...
```

Obr. 58 Ukázka posílání XML dokumentu s daty, (Starting Electronics, 2012)

Na závěr nekonečné smyčky je volána funkce pro čtení dat z řídicí jednotky pomocí sériové linky.

Komunikační protokol pro příjem dat z řídicí jednotky se skládá ze:

- Start byte (0x96)
- 12 bytů s daty
- Kontrolní součet
- Stop byte (0xA9).

Soubor webové stránky obsahuje kromě HTML prvků a tagů také skripty. Zde patří například funkce, která slouží pro čtení dat přijatého XML dokumentu z jednotky Arduino a přiřazení těchto dat na příčná místa webové stránky. Funkce také posílá zpět http požadavky na zpětné vyslání dat a také na aktivaci a deaktivaci zabezpečovacího systému.

```
var num_an = this.responseXML.getElementsByTagName('values').length;
for (count = 0; count < num_an; count++) {
    document.getElementsByClassName("values")[count].innerHTML =
        this.responseXML.getElementsByTagName('values')[count].childNodes[0].nodeValue;
}
```

Obr. 59 Ukázka čtení dat XML dokumentu a přiřazení daným elementům HTML stránky

Další funkcí skriptu je realizace tlačítka pro aktivaci a deaktivaci systému. To je závislé na zadaném hesle v textovém poli. Nejprve dojde k porovnání zadaného hesla s heslem zabezpečovacího systému a následně dojde ke změně stavu tlačítka. V předchozí funkci je poté vyslán spolu s požadavkem na data také požadavek na aktivaci či deaktivaci zabezpečovacího systému v závislosti na aktuálním stavu.

```
function GetActivateButton()
{
    if((document.getElementById("pw").value).localeCompare(strPw) == 0) {
        if (activateA == 1) {
            activateA = 0;
            strActivate = "&ACTIVATEA=0";
        }
        else {
            activateA = 1;
            strActivate = "&ACTIVATEA=1";
        }
    }
    document.getElementById("pw").value = "";
}
```

Obr. 60 Funkce pro aktivaci a deaktivaci zabezpečovacího systému

Soubor dále obsahuje stylování jednotlivých prvků a bloků webové stránky s využitím technologie CSS.

7.3 Popis vytvořené webové aplikace

Výsledná webová aplikace se skládá ze tří bloků, které slouží pro:

- sledování aktuálních stavů a měřených veličin senzorů
- vzdálená aktivace a deaktivace zabezpečovacího systému
- sledování aktuálních alarmů.

Pro aktivaci nebo deaktivaci zabezpečovacího systému je zde umístěno textové pole, do kterého je nutno zapsat čtyřmístné heslo a následně zmáčknout tlačítko pro potvrzení aktivace či deaktivace.

Webová aplikace je také responzivní. Přizpůsobuje se podle rozlišení displeje či obrazovky daného zařízení. Je tedy dobře čitelná a ovladatelná i na mobilních telefonech a tabletech. K úspěšnému spuštění a používání webové aplikace na mobilních telefonech a tabletech je však nutností internetový prohlížeč s podporou aktivního skriptování.

Current sensor states and values		Remote activation
Temperature (DHT11):	23	Enter password to the textbox and press the button below to activate or deactivate security system remotely <input type="text"/> <input type="button" value="Deactivate"/>
Humidity (DHT11):	28	
PIR motion detector:	0	
Magnetic contact:	1	
Carbon monoxide sensor:	30	
		Alarm viewer MAGNETIC SENSOR ALARM !!!
Security system based on PIC microcontrollers 2017		

Obr. 61 Ukázka výsledné webové aplikace

8 Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout zabezpečovací systém na bázi mikroprocesorů PIC s možností vzdáleného přístupu pomocí mobilních technologií a realizovat laboratorní model pro ověření funkčnosti všech navržených dílčích částí a algoritmů.

Práce na vývoji zabezpečovacího systému vyžadovala úvodní seznámení s těmito jednočipovými počítači, jejich architekturou, typovými řadami, technickými parametry a také s možnostmi jejich programování.

Systémový návrh zabezpečovacího systému započal úvodním slovem, kde bylo nutno zamyslet se nad tím, co by měl moderní zabezpečovací systém zahrnovat. Nyní bylo možno zahájit samotný návrh volbou vhodných snímačů pro detekci pohybu a neoprávněného vstupu či snímače oxidu uhelnatého, teploty nebo vlhkosti. Dalším krokem v návrhu byl výběr vhodných jednočipových počítačů PIC a také seznámení s možnostmi komunikace, což vedlo k volbě průmyslové sběrnice RS485. Na závěr kapitoly byly navržené prvky shrnuty do jednoho celku a vznikla tak výsledná hierarchická struktura zabezpečovacího systému rozdělená do několika úrovní dle činností, které jsou úkolem prvků dané úrovně.

V rámci realizace byl sestaven model zabezpečovacího systému dle navržené struktury pomocí kontaktních polí pro ověření navržených schémat zapojení a řídicích algoritmů. Samotná realizace zahrnovala popis komunikačního protokolu průmyslové sběrnice RS485 dle standardu používané knihovny vývojového rozhraní MikroC. Dále byl navržen modul hlavní řídicí jednotky, ovládacího panelu a také dílčí senzorové moduly. To zahrnovalo tvorbu schémat zapojení a návrh desek plošných spojů, k čemuž byl využit softwarový nástroj pro tvorbu schémat Eagle. Kromě schémat byly dále vytvořeny programy pro jednotlivé moduly tak, aby byla mezi nimi zajištěna bezproblémová komunikace. Jelikož o veškerou komunikaci na sběrnici se stará hlavní řídicí jednotka, byl také popsán řídicí algoritmus s využitím vývojových diagramů. Po ověření funkčnosti všech navržených modulů bylo možné tyto moduly realizovat a sestavit model zabezpečovacího systému.

Tímto lze považovat zabezpečovací systém jako realizovaný a je možné pomýšlet na další rozšíření, konkrétně ovládání a poskytování údajů o měřených veličinách a stavech uživateli vzdáleně. K tomu bylo možné využít vývojovou desku Arduino UNO, která prostřednictvím ethernet nastavby vytvořila webový server, ke kterému je možné se

připojit prostřednictvím webového prohlížeče na jiném zařízení v síti. Rozhraním mezi uživatelem a zabezpečovacím systémem je tedy webová stránka, která umožňuje nejen sledovat měřené veličiny a stavy zabezpečovacího systému, ale také obsahuje tlačítko pro aktivaci a deaktivaci systému po zadání hesla do textového pole. Dále obsahuje pole, které v případě alarmového stavu vypíše, o jaký typ alarmu se jedná, případně který senzor změnil stav či překročil svou limitní hodnotu.

Původně se práce ubírala směrem, který měl problematiku webového serveru řešit s využitím navržené jednotky s procesorem PIC a jednoduchým ethernet převodníkem. Tato představa však zanikla z důvodu nalezení vhodnější varianty z hlediska časového a také vizuálního. Tou variantou je webový server na bázi vývojové desky Arduino UNO s ethernet nástavbou. Zvolený Arduino ethernet modul obsahuje rozhraní pro připojení SD karty, na kterou byl nahrán plnohodnotný zdrojový kód webové stránky s realizací vzhledu s využitím technologie CSS a s automatickou obnovou dat pomocí technologie AJAX.

Jako směr dalšího řešení lze navrhnout například rozšíření zabezpečovacího systému o modul GSM, který by v případě alarmového stavu kontaktoval uživatele prostřednictvím mobilního telefonu. Také by bylo vhodné upravit firmware řídící jednotky a ovládacího panelu tak, aby bylo možno prostřednictvím rozhraní uživatelsky přidat další snímače.

Závěrem lze poznamenat, že práce na toto téma má široké využití v praxi. Zabezpečovací systém lze snadno rozšířit o další moduly se snímači, kterých je na trhu spousta a z hlediska jednočipových počítačů také není nutné omezovat se pouze na řadu PIC. Zabezpečovací systém je tedy multiplatformní.

9 Summary

The aim of the diploma thesis was to design security system based on microcontrollers PIC and to realize laboratory model to verify the functionality of all designed parts and algorithms.

The development of security system required introduction to these single chip microcomputers, their architecture, type series, technical parameters, and the possibilities of programming.

System design of security system started with foreword, where there was necessary to think about what the modern security system should contain. Then it was possible to start design with selecting the appropriate sensors for movement detection, unauthorized entry, fire protection or measuring temperature and humidity. The next step was the choice of suitable single chip microcomputers PIC and to find out the possibilities of communication, which was directed to select RS485 industrial bus. Designed elements was summarized into one system at the end of the chapter and final hierarchical structure of security system was created and divided into several levels according to activities, which are part of the level.

In realization phase, the model of security system was built using contact field according to designed structure to verify designed diagrams and control algorithms before the final realization. Realization included description of RS485 industrial bus communication protocol according to MikroC library standard. After that, it was designed modules like control unit, control panel or other sensor modules. Creation of schematics and design of PCB boards using CADSOFT Eagle software was included. In the next step programs for each module was created to ensure seamless communication. The master controller handles all the bus communication. A control algorithm was described using flowcharts. After verifying the functionality of all designed modules, it was possible to realize these modules and build a laboratory model of the security system.

The next chapter describes the remote control and provision of actual security system measured data and states to the user remotely. For that it is possible to use Arduino UNO development board, which created web server through Arduino ethernet shield. User can connect the web server with other network device via a web browser by typing appropriate IP address. Interface between user and security system is web page, which allow not only

watching measuring values and states of security system, but also contains the button for activation and deactivation the system after entering the access password to the textbox. Also, the web page contains the textbox, where are, in case of an alarm, listed information about the type or place of an alarm.

As a direction for another solution could be proposed for example extension security system by GSM module, which in case of an alarm state contacts the user via mobile phone. Also, it would be suitable to edit program of control unit and control panel to add another sensor through user interface.

Finally, it can be noted that the work has wide spectrum of use in practice. Security system can be easily extended by other sensor modules. In terms of single chip microcomputers, it is not necessary to use the PIC series only. Security system is multiplatform.

10 Použitá literatura

Arduino [online]. Ivrea: Arduino, c2017 [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/>

Arduino Ethernet Shield Web Server Tutorial. *Starting Electronics – Electronics for Beginners and Beyond* [online]. Starting Electronics, 2013 [cit. 2017-01-31]. Dostupné z: <http://startingelectronics.org/tutorials/arduino/ethernet-shield-web-server-tutorial/>

ASIX: PRESTO. *ASIX* [online]. ASIX, 1991 [cit. 2017-01-31]. Dostupné z: http://www.asix.cz/prg_presto.htm

DHT11 Humidity & Temperature Sensor Module. *UUGear* [online]. Praha: UUGear s.r.o., 2014 [cit. 2016-06-12]. Dostupné z: <http://www.uugear.com/portfolio/dht11-humidity-temperature-sensor-module/>

GEORGE, Ligo. Interfacing LCD with PIC Microcontroller – MPLAB XC8. *ElectroSome* [online]. Kochi (India): electroSome, 2011 [cit. 2016-06-12]. Dostupné z: <https://electrosome.com/lcd-pic-mplab-xc8/>

GM Electronic [online]. Web Revolution, c1990-2017 [cit. 2017-01-22]. Dostupné z: <https://www.gme.cz>

HRBÁČEK, Jiří. *Komunikace mikrokontroléru s okolím*. Praha: BEN – technická literatura, 1999. ISBN 80-860-5642-2.

HRBÁČEK, Jiří. *Moderní učebnice programování jednočipových mikrokontrolérů PIC*. Praha: BEN – technická literatura, 2004. ISBN 80-730-0136-5.

Jablotron [online]. Jablonec Nad Nisou: Jablotron, 2017 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://www.jablotron.com/cz/>

MATOUŠEK, David. *C pro mikrokontroléry PIC: práce s PIC18F452 a PIC18F1220 v jazyce C*. Praha: BEN – technická literatura, 2011. μC. ISBN 978-80-7300-413-2.

Microchip Technology Inc. [online]. Chandler, Arizona, USA: Shanghai ICP, c1998-2017 [cit. 2016-06-12]. Dostupné z: <http://www.microchip.com/>

MikroElektronika [online]. Bělehrad: MikroElektronika, 1998 [cit. 2017-02-01]. Dostupné z: <https://www.mikroe.com/>

NOMAAN, Naasif a Shaber RAHMAN. Gas Leakage Detector Project Using Microcontroller And Gas Sensor. In: *Learn PIC Microcontroller Programming* [online]. Blogger, c2017 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.pictutorial.net/2015/11/lpg-gas-leakage-detector-using-mq-9-gas-sensor.html>

OLMR, Vít. HW server představuje – Sériová linka RS232. In: *Vyvoj.hw.cz - profesionální elektronika* [online]. Praha: HW server s.r.o., 2005 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://vyvoj.hw.cz/rozhrani/hw-server-predstavuje-seriova-linka-RS232.html>

PINKER, Jiří. *Mikroprocesory a mikropočítače*. Praha: BEN – technická literatura, 2004. ISBN 80-730-0110-1.

POUCHA, Pavel. Komunikace pro průmyslových linkách RS485 a RS422. In: *Papouch.com* [online]. Praha: GrowJOB institute, 2005 [cit. 2016-06-12]. Dostupné z: <http://www.papouch.com/cz/website/mainmenu/clanky/jak-na-to/prumyslove-linky-rs485-a-rs422/>

RISCO Group: *Security* [online]. Rishon-Lezion: RISCO Group, 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <https://www.riscogroup.com/>

RS 485 & 422. In: *Vyvoj.hw.cz* [online]. PRAHA: HW server s.r.o., 1997 [cit. 2016-06-12]. Dostupné z: <http://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/RS485-422.html>

STMicroelectronics [online]. Geneva: STMicroelectronics, c2017 [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: http://www.st.com/content/st_com/en.html

ŠKUTA, J. - MAREK, H. 2006. *Elektronické učební texty pro jednočipové procesory řady PIC* [online] [cit. 2017-04-10] Dostupné z: <http://352lab.vsb.cz/ServerFinalVer/Marek/pic-html/index.htm>

TIŠNOVSKÝ, Pavel. Externí sériové sběrnice SPI a I²C. In: *Root.cz - informace nejen ze světa Linuxu* [online]. Praha: Internet Info, 2008 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/externi-seriove-sbernice-spi-a-i2c/>

TIŠNOVSKÝ, Pavel. Komunikace po sériové sběrnici I2C. In: *Root.cz - informace nejen ze světa Linuxu* [online]. Praha: Internet Info, 2009 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/komunikace-po-seriove-sbernici-isup2supc/>

VACEK, Václav. *Učebnice programování PIC*. Praha: BEN – technická literatura, 2000. ISBN 80-860-5687-2.

VACEK, V., VLČEK, J. 2002 B. Praktické využití procesoru PIC. Praha. Nakladatelství BEN – technická literatura. 72 s. EAN 8594011421340.

W3Schools Online Web Tutorials [online]. W3.CSS, c1999-2017 [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <https://www.w3schools.com/>

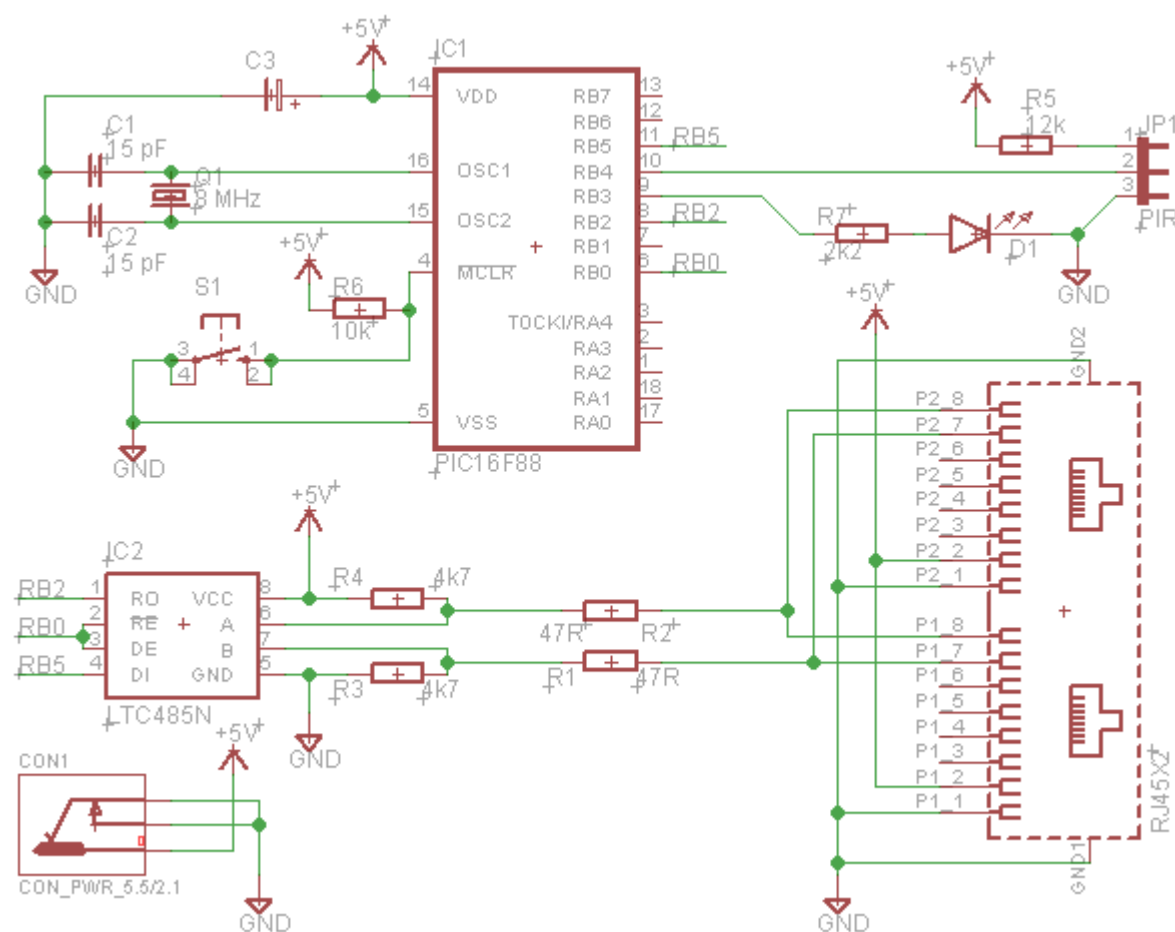
Přepočet ppm mg/m³. *Nodus Ecology* [online]. Ostrava: Nodus Ecology, 2012 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://www.nodus-ecology.cz/obsah/prepocet-ppm-na-mg>

Grove – Gas Sensor (MQ-9). *Seeed Wiki* [online]. Shenzen: Seeed Development Limited, c2008 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: http://wiki.seeed.cc/Grove-Gas_Sensor-MQ9/

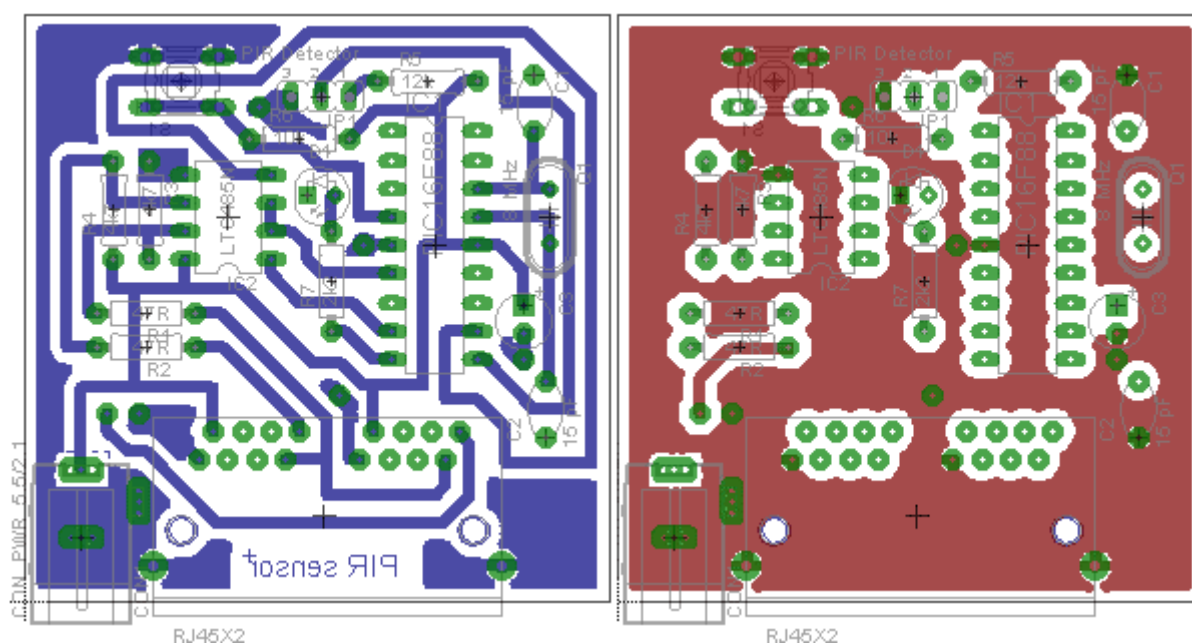
Přílohy

- 1) Modul pro detekci pohybu
- 2) Modul pro detekci oxidu uhelnatého
- 3) Modul hlavní řídicí jednotky
- 4) Modul ovládacího panelu
- 5) Modul měření teploty a vlhkosti
- 6) Modul detekce neoprávněného vstupu
- 7) Odkaz na video ukázkou

Příloha 1 – Modul pro detekci pohybu

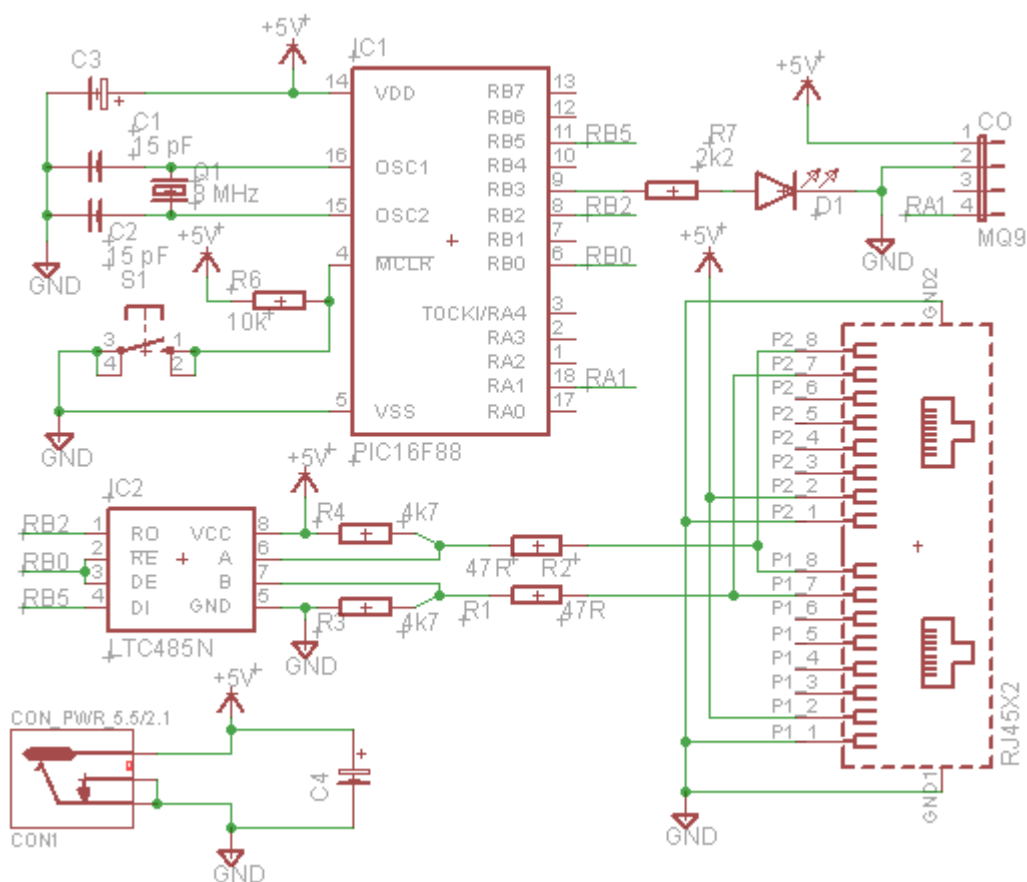


Obr. 62 Schéma zapojení modulu pro detekci pohybu

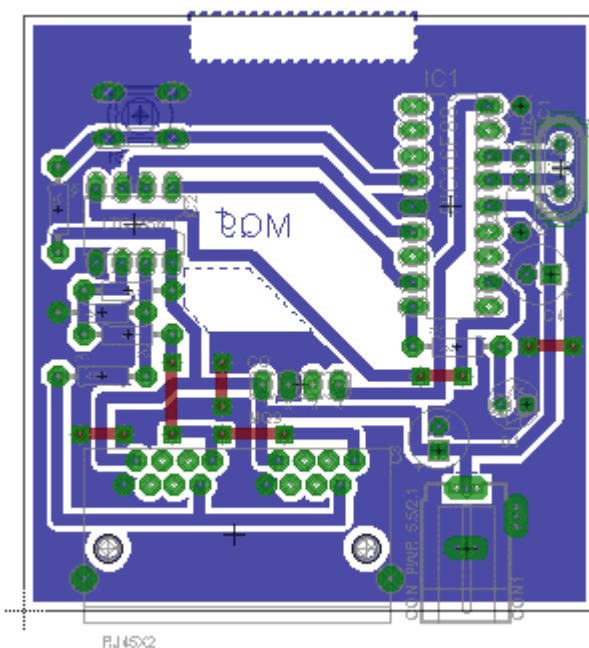


Obr. 63 Návrh desky plošných spojů modulu PIR

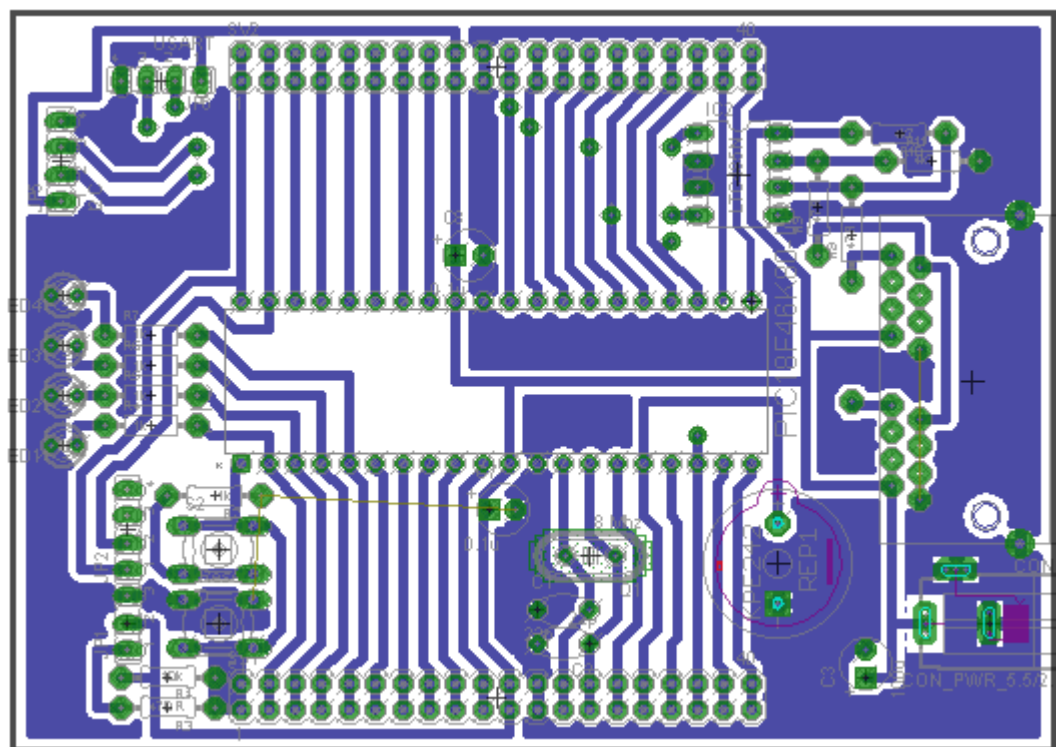
Příloha 2 – Modul pro detekci oxidu uhelnatého



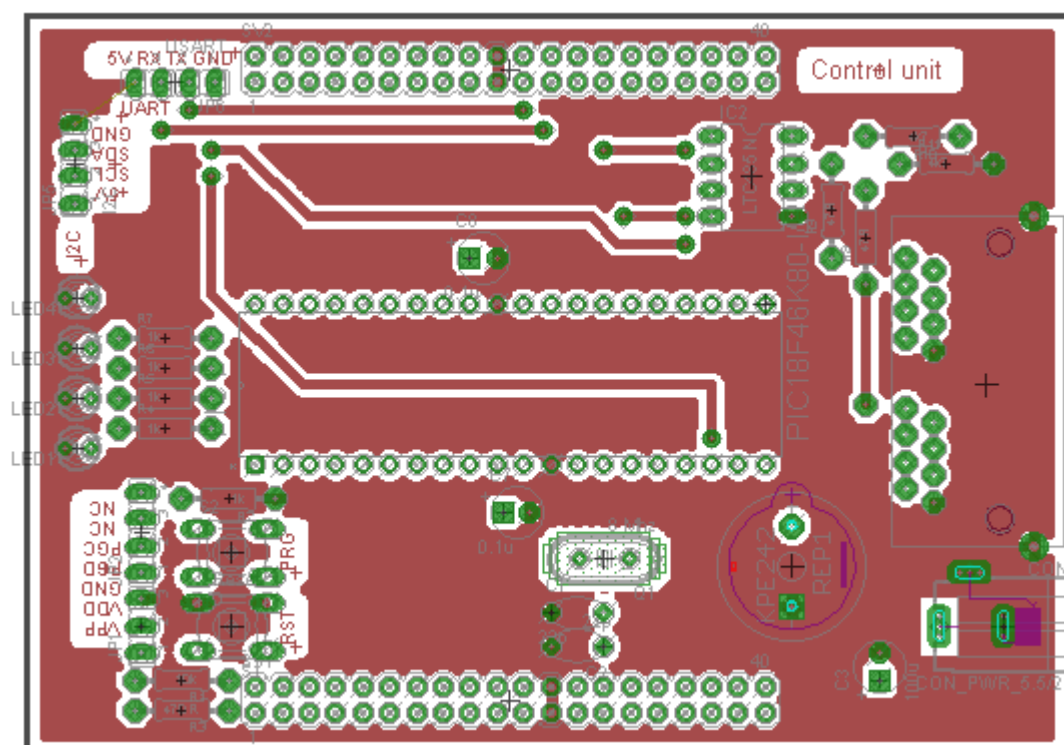
Obr. 64 Schéma zapojení modulu pro detekci oxidu uhelnatého



Obr. 65 Návrh desky plošných spojů modulu detekce oxidu uhelnatého

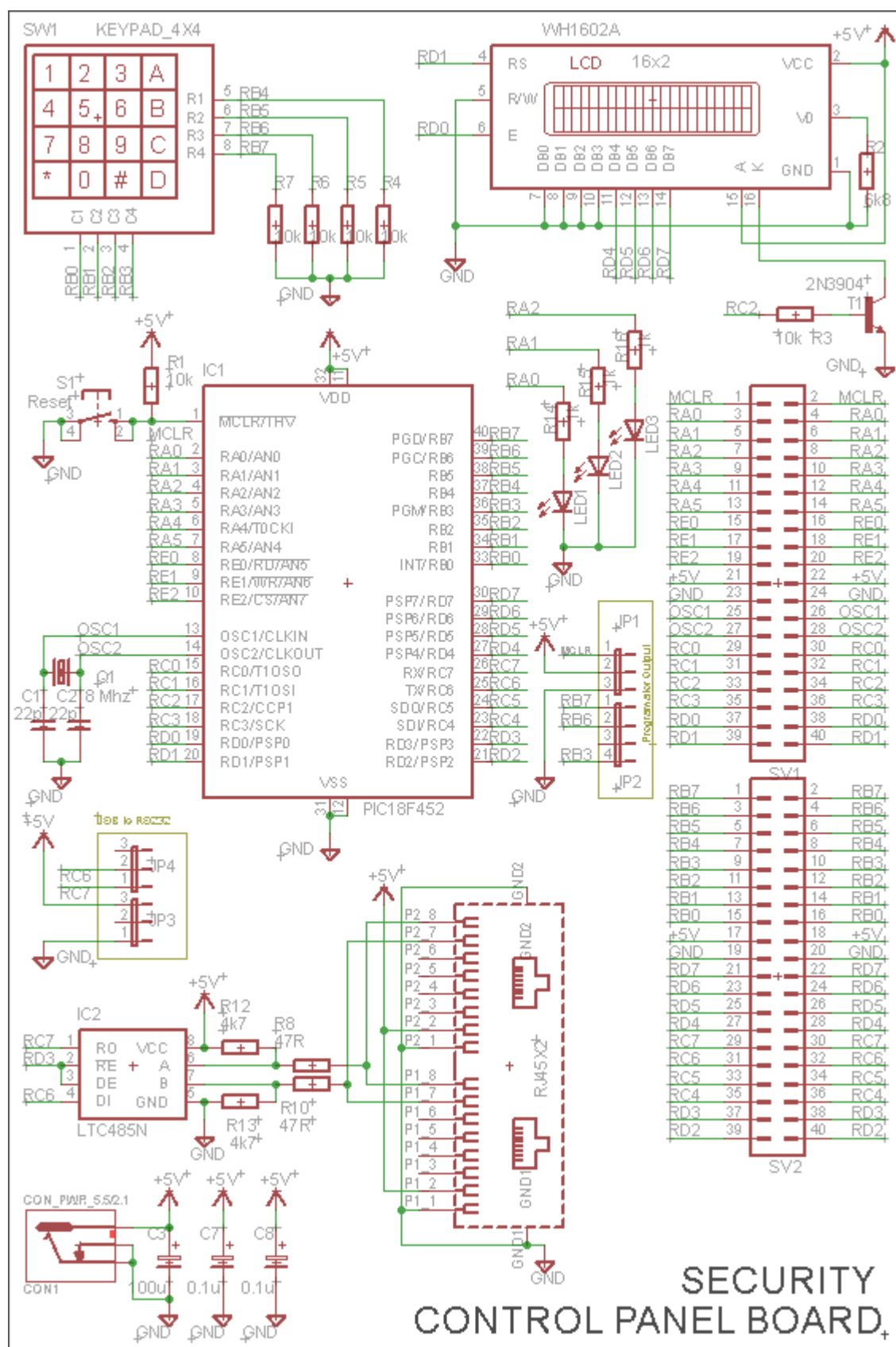


Obr. 67 Návrh PCB řídicí jednotky – spodní strana

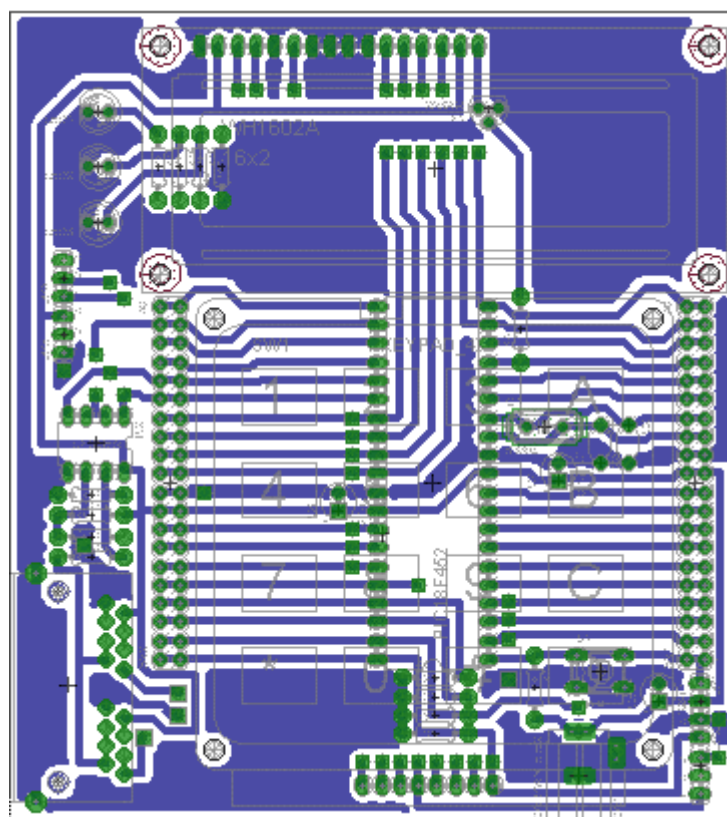


Obr. 68 Návrh PCB řídicí jednotky – strana součástek

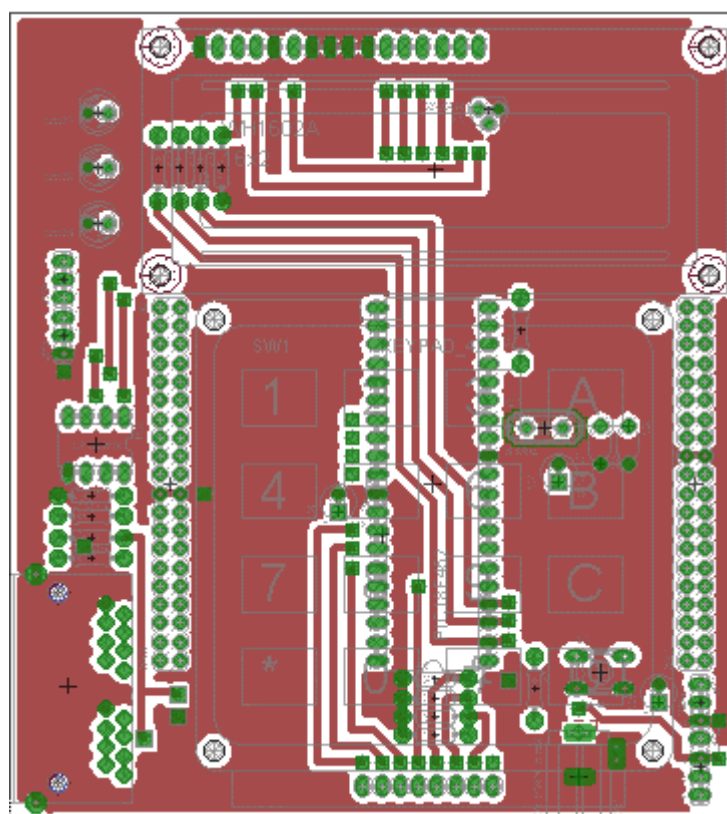
Příloha 4 – Modul ovládacího panelu



Obr. 69 Schéma modulu ovládacího panelu

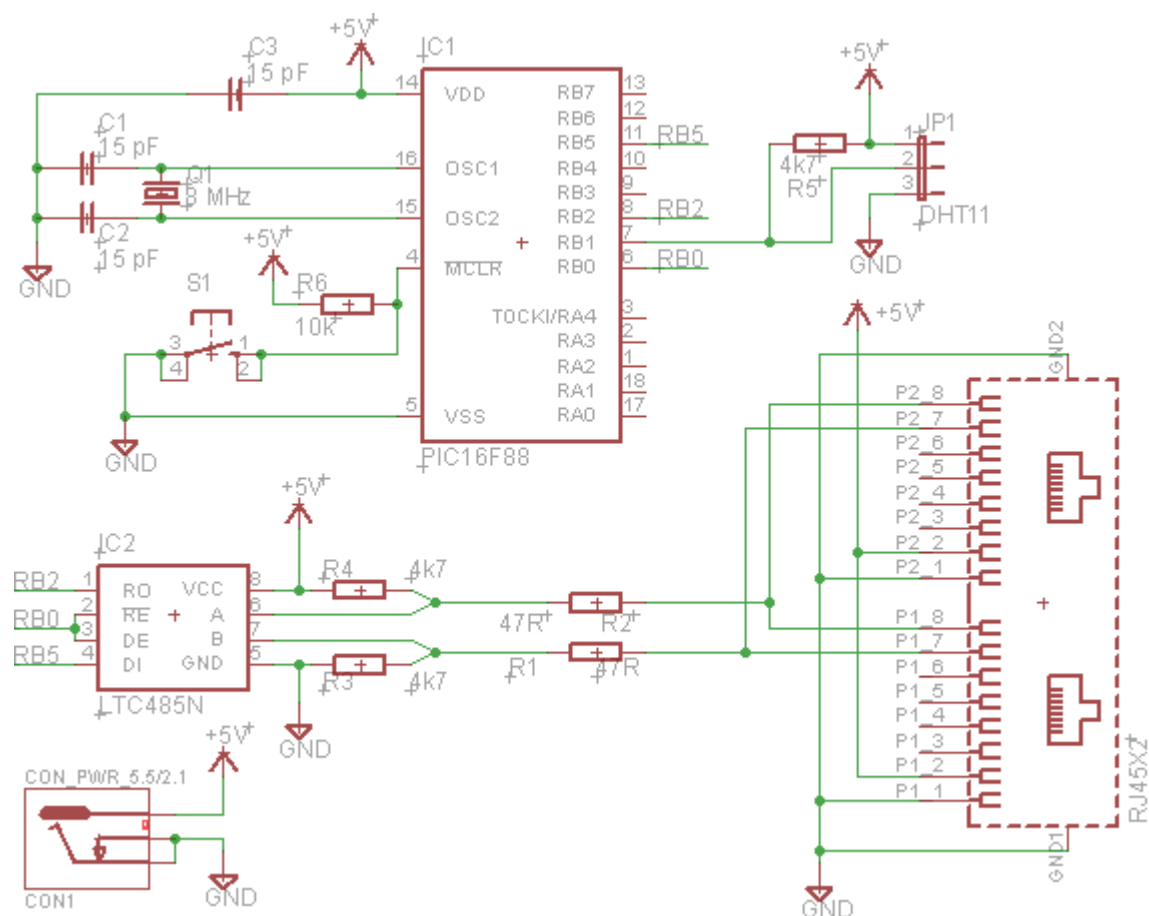


Obr. 70 Návrh PCB ovládacího panelu - spodní strana

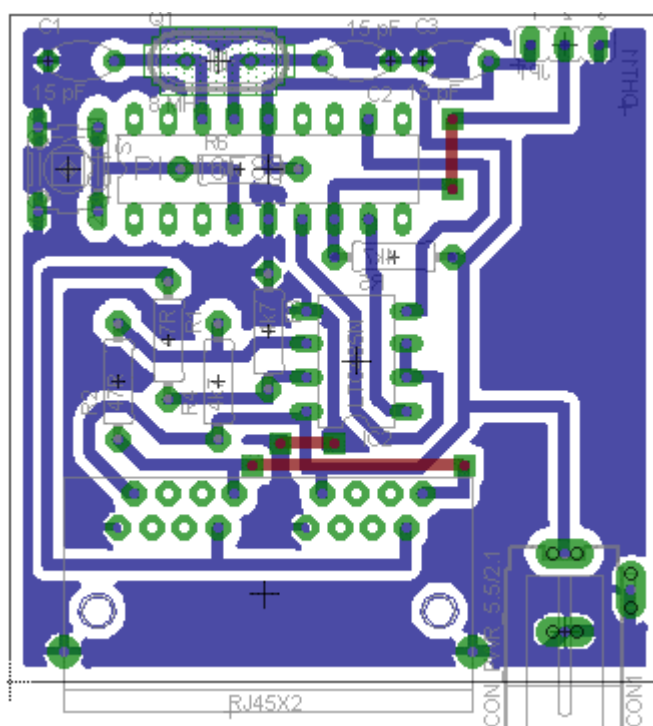


Obr. 71 Návrh PCB ovládacího panelu – strana součástek

Příloha 5 – Modul měření teploty a vlhkosti

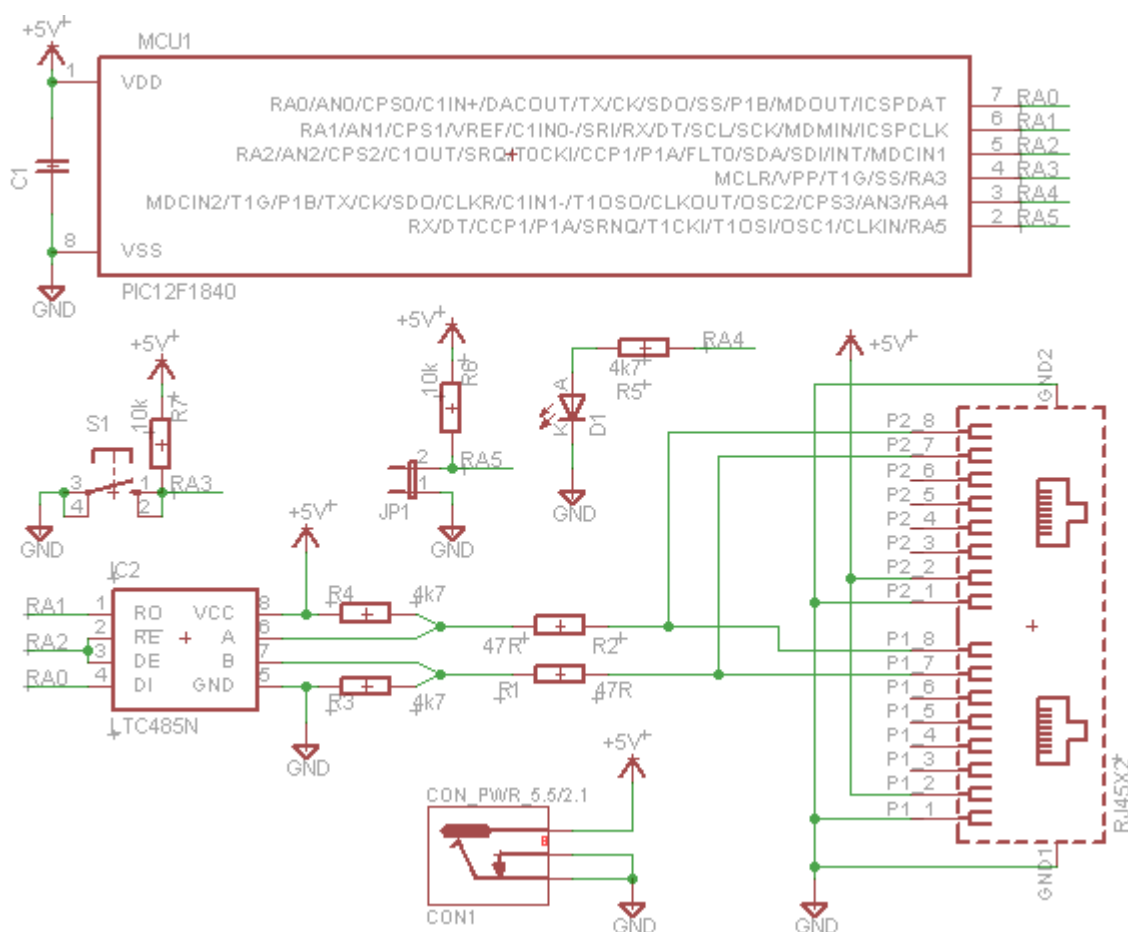


Obr. 72 Schéma zapojení modulu DHT11

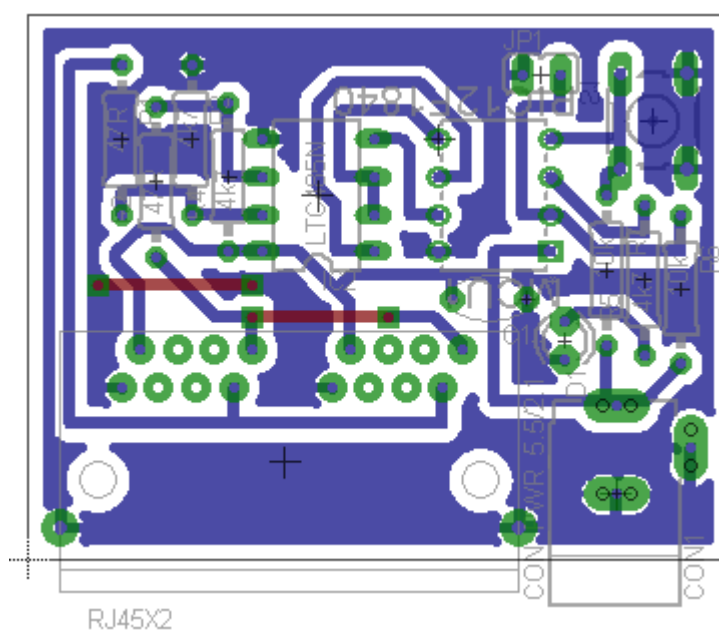


Obr. 73 Návrh desky plošných spojů modulu DHT11

Příloha 6 – Modul detekce neoprávněného vstupu



Obr. 74 Schéma zapojení modulu detekce neoprávněného vstupu



Obr. 75 Návrh PCB modulu detekce neoprávněného vstupu

Příloha 7 – Odkaz na video ukázkou

<https://www.youtube.com/watch?v=xUqPzLcCGuQ&>